

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA: INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Tesis previa a la obtención del título de:  
INGENIERO AMBIENTAL**

**TEMA:**

**“TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS  
MEDIANTE EL COMPOSTAJE EN COMUNIDADES RURALES DE 1000,  
2000 Y 3000 HABITANTES. EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL”**

**AUTORA:**

**JENNIFER IVONNE CHIQUIN CHILAMÁ**

**DIRECTOR:**

**MIGUEL ARAQUE ARELLANO**

**Quito, diciembre del 2013**

**DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE  
USO DEL TRABAJO DE GRADO**

Yo Jennifer Ivonne Chiquin Chilamá autorizo a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de grado y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaro que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de la autora

-----

Jennifer Ivonne Chiquin Chilamá

CC 1724364896

## **DEDICATORIA**

**A:**

Dios, por darme la oportunidad de seguir viva y por estar siempre junto a mí, guiándome y bendiciéndome cada día al fortalecer mi corazón e iluminar mi mente.

Mi Madre Miriam Chilamá, por darme la vida, quererme mucho, estar siempre junto a mí y nunca dejarme de apoyar, jamás permitiste que me rinda y el mejor regalo que me diste es tu Amor.

Mi Padre Julio Chiquin, por darme la vida, ser mi guía, por ser el ejemplo que miro todos días, porque jamás me dejaste caer y siempre labraste mi personalidad para ser una mujer de bien. Papá es el mejor regalo que pudiste obsequiarme, al darme una carrera para mi futuro, todo esto te lo debo a ti.

Mis hermanos, Johanna, Henry, y Brandon, por estar conmigo, por ser salvadores de aprietos y por ser siempre mi apoyo, los quiero mucho.

Mi sobrinos, para que vean en mí un ejemplo a seguir.

## **AGRADECIMIENTO**

Es grato haber culminado la elaboración del trabajo de grado teniendo en cuenta todo el esfuerzo que ameritó, por lo cual es indispensable reconocer a aquellas personas que de manera directa o indirecta, participaron leyendo, opinando, corrigiendo, teniéndome paciencia, dando ánimo, acompañando en los momentos de crisis y en los momentos de felicidad.

Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana y a sus docentes que durante todo el transcurso de mi vida estudiantil, fueron quienes me encaminaron y guiaron hacia la profesionalización y culminación de la carrera, compartiendo su conocimiento y sobre todo su amistad y de manera especial al Ingeniero Miguel Araque por la paciencia y el aporte académico en la dirección de este trabajo.



## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>2</b>
<b>GENERALIDADES.....</b>	<b>2</b>
1.1. Justificación del proyecto .....	2
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. Objetivo general.....	3
1.2.2. Objetivos específicos .....	3
1.3. Marco legal aplicable al manejo de residuos .....	3
 <b>CAPÍTULO 2.....</b>	 <b>5</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
2.1 Residuos sólidos .....	5
2.1.1 Definición .....	5
2.1.2 Clasificación de los residuos sólidos .....	5
2.1.2.1 Clasificación por estado.....	5
2.1.2.2 Clasificación por origen.....	5
2.1.2.3 Clasificación por tipo de manejo .....	6
2.1.3 Residuos Sólidos Orgánicos .....	6
2.1.3.1 Clasificación de los residuos sólidos orgánicos.....	6
2.2 Composición .....	8
2.2.1 Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos .....	8
2.2.1.1 Alimentación animal.....	9
2.2.1.2 Compost.....	9
2.2.1.3 Lombricultivo .....	9
2.2.1.4 Biofertilizantes.....	10
2.2.1.5 Biofermentos.....	10
2.3 Gestión de residuos sólidos orgánicos .....	10
2.3.1 Compostaje .....	10
2.3.2 Objetivos del compostaje.....	10
2.3.3 Proceso de compostaje.....	11
2.3.3.1 Compost por digestión aerobia .....	11
2.3.4 Compostaje Aerobio .....	12
2.3.4.1 Tipos de compostaje Aerobio .....	12

2.3.5	Fases del compostaje .....	13
2.3.5.1	Mesófila .....	13
2.3.5.2	Termófila .....	14
2.3.5.3	Enfriamiento .....	14
2.3.5.4	Maduración .....	14
2.3.6	Condiciones del proceso de compostaje .....	15
2.3.6.1	Temperatura .....	15
2.3.6.2	Humedad .....	16
2.3.6.3	pH.....	16
2.3.6.4	Oxígeno.....	17
2.3.6.5	Relación Carbono- Nitrógeno (C/N) Nutrientes .....	17
2.3.6.6	Tamaño de partículas .....	17
2.3.6.7	Relación Sólidos Volátiles – Sólidos Totales (SV/ST) .....	17
<b>CAPÍTULO 3.....</b>		<b>18</b>
<b>APLICACIÓN METODOLÓGICA E INTERPRETACIÓN DE.....</b>		
<b>RESULTADOS.....</b>		<b>18</b>
3.1	Métodos .....	18
3.1.1	Tipos de investigación .....	18
3.1.1.1	Investigación descriptiva .....	18
3.1.1.2	Investigación bibliográfica .....	18
3.1.1.3	Investigación cuali – cuantitativa .....	18
3.1.1.4	Investigación de campo .....	18
3.1.2	Metodología .....	19
3.2	Unidad de estudio .....	19
3.2.1	Descripción de la unidad de estudio .....	19
3.2.1.1	Medio físico .....	20
3.2.1.2	Medio Biótico .....	30
3.2.1.3	Medio Socioeconómico .....	31
3.3	Descripción técnica de los métodos.....	39
3.4	Caracterización de los residuos sólidos .....	39
3.4.1	PPC- definición del tamaño de la muestra.....	39
3.4.2	Encuesta y obtención de muestras .....	40
3.4.3	Método de cuarteo .....	43

3.4.4	Peso volumétrico.....	45
3.4.5	Clasificación de Subproductos.....	46
3.5	Análisis e interpretación de resultados .....	48
3.5.1	Parroquia Chantilín (1000 Habitantes) .....	48
3.5.1.1	Resultados del estudio de generación per cápita .....	48
3.5.1.2	Resultados del estudio de peso volumétrico de los residuos sólidos .....	49
3.5.1.3	Resultados del estudio de subproductos .....	50
3.5.2	Parroquia 11 de Noviembre (2000 Habitantes) .....	51
3.5.2.1	Resultados del estudio de generación per cápita .....	51
3.5.2.2	Resultados del estudio de peso volumétrico de los residuos sólidos .....	53
3.5.2.3	Resultados del estudio de subproductos .....	54
3.5.3	Parroquia José Guango Bajo (3000 Habitantes) .....	55
3.5.3.1	Resultados del estudio de generación per cápita .....	55
3.5.3.2	Resultados del estudio de peso volumétrico de los residuos sólidos .....	57
3.5.3.3	Resultados del estudio de subproductos .....	58

## **CAPÍTULO 4..... 60**

### **PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMPOSTAJE .... 60**

4.1	Introducción .....	60
4.2	Objetivos.....	60
4.2.1	Objetivo general.....	60
4.2.2	Objetivo específico .....	60
4.3	Justificación .....	60
4.4	Propuesta.....	61
4.5	Dimensiones y diseño de la planta de compostaje para 1000, 2000 y 3000 habitantes .....	61
4.5.1	Tiempo de compostaje .....	61
4.5.2	Diseño de la pila .....	61
4.6	Descripción del diseño de la planta de compostaje .....	65
4.6.1	Área para la recepción de la carga y separación manual .....	65
4.6.2	Plataforma de secado y triturado .....	65
4.6.3	Formación de la pila .....	66
4.6.4	Refino de compost, tamizado.....	66
4.6.5	Ensacado .....	66

4.6.6	Almacenamiento y carga del compost .....	66
4.6.7	Área administrativa.....	66
4.6.8	Vestidores .....	67
4.6.9	Diseño y operación de la planta.....	67
4.6.10	Diagrama de flujo de la planta de compostaje .....	68
4.7	Manejo del sistema de compostaje .....	68
4.7.1	Aireación y homogenización de la masa de compostaje .....	68
4.7.2	Riego.....	69
4.7.3	Control de la Temperatura y pH .....	69
4.7.4	Control de Humedad.....	69
4.7.5	Control de olores.....	70
4.7.6	Compost final.....	70

## **CAPÍTULO 5..... 71**

### **EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL (EIA) ..... 71**

5.1	Introducción .....	71
5.2	Descripción del proyecto .....	71
5.3	Identificación de potenciales impactos ambientales .....	72
5.3.1	Factores ambientales a ser evaluados .....	72
5.3.2	Acciones ambientales a ser evaluadas .....	73
5.4	Metodología de evaluación.....	73
5.4.1	Identificación de impactos ambientales .....	73
5.4.2	Predicción de impactos ambientales: calificación y cuantificación.....	73
5.4.3	Matriz de Impactos Ambientales .....	77
5.4.4	Categorización de Impactos Ambientales.....	84
5.5	Plan de manejo ambiental .....	85
5.5.1	Objetivo General.....	85
5.5.2	Alcance .....	86
5.5.2.1	Programa de prevención y mitigación .....	86
5.5.2.2	Plan de Contingencias.....	88
5.5.2.3	Plan de Seguridad y Salud .....	89
5.5.2.4	Plan de Capacitación y Comunicación .....	90
5.5.2.5	Plan de Monitoreo Ambiental.....	90
5.6	Análisis financiero de la planta de compostaje.....	91

5.7	Cálculo presupuestario referencial de la planta de compostaje para comunidades rurales de 1000, 2000 y 3000 habitantes.....	92
5.7.1	Presupuesto de la obra .....	92
5.7.2	Presupuesto referencial .....	93
CONCLUSIONES .....		95
RECOMENDACIONES .....		97
LISTA DE REFERENCIAS .....		98
ANEXOS .....		99

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Orden jerárquico de aplicación de normas .....	3
<b>Figura 2</b>	Esquema de los elementos que intervienen en compost.....	11
<b>Figura 3</b>	El proceso de compostaje .....	15
<b>Figura 4</b>	Perfil de temperatura de una pila de compost estática.....	16
<b>Figura 5</b>	Ubicación de la estación meteorológica .....	21
<b>Figura 6</b>	Temperatura.....	22
<b>Figura 7</b>	Humedad relativa.....	23
<b>Figura 8</b>	Precipitación .....	24
<b>Figura 9</b>	Nubosidad.....	25
<b>Figura 10</b>	Velocidad del viento .....	26
<b>Figura 11</b>	Área con vegetación parroquia Chantilín .....	30
<b>Figura 12</b>	Área con vegetación parroquia 11 de Noviembre .....	30
<b>Figura 13</b>	Área con vegetación parroquia José Guango Bajo.....	31
<b>Figura 14</b>	Ubicación de la parroquia Chantilín.....	32
<b>Figura 15</b>	Ubicación de la parroquia 11 de Noviembre .....	33
<b>Figura 16</b>	Ubicación de la parroquia José Guango Bajo.....	34
<b>Figura 17</b>	Distribución población de la parroquia Chantilín por sexo.....	35
<b>Figura 18</b>	Distribución población de la parroquia 11 de Noviembre por sexo.....	35
<b>Figura 19</b>	Distribución población de la parroquia José Guango Bajo por sexo.....	36
<b>Figura 20</b>	Nivel de instrucción.....	39
<b>Figura 21</b>	Encuesta realizada a los habitantes.....	40
<b>Figura 22</b>	Entrega de fundas plásticas a los habitantes.....	42
<b>Figura 23</b>	Recolección de residuos sólidos en la comunidad.....	43
<b>Figura 24</b>	Cuarteo de las muestras .....	44
<b>Figura 25</b>	Realización del método de cuarteo .....	45
<b>Figura 26</b>	Clasificación y pesaje de los subproductos .....	46
<b>Figura 27</b>	Porcentaje de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos.....	51
<b>Figura 28</b>	Porcentaje de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos.....	55
<b>Figura 29</b>	Porcentaje de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos.....	59
<b>Figura 30</b>	Diseño y operación de la planta de compostaje.....	67
<b>Figura 31</b>	Diagrama de flujo de la planta de compostaje.....	68
<b>Figura 32</b>	Impactos ambientales .....	84

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Naturaleza de los residuos sólidos urbanos en Ecuador.....	8
<b>Tabla 2</b>	Coordenadas geográficas UTM .....	20
<b>Tabla 3</b>	Ubicación estación meteorológica Rumipamba-Salcedo.....	21
<b>Tabla 4</b>	Temperatura .....	22
<b>Tabla 5</b>	Humedad relativa .....	22
<b>Tabla 6</b>	Precipitación.....	23
<b>Tabla 7</b>	Valores promedios multianuales de nubosidad.....	24
<b>Tabla 8</b>	Dirección y velocidad del viento .....	25
<b>Tabla 9</b>	Categorías de uso de suelo y cobertura vegetal cantón Saquisilí.....	28
<b>Tabla 10</b>	Categorías de uso de suelo y cobertura vegetal cantón Latacunga .....	29
<b>Tabla 11</b>	Población de la parroquia Chantilín .....	34
<b>Tabla 12</b>	Población de la parroquia 11 de Noviembre .....	35
<b>Tabla 13</b>	Población de la parroquia José Guango Bajo.....	36
<b>Tabla 14</b>	Servicio básicos.....	37
<b>Tabla 15</b>	Población económicamente activa .....	37
<b>Tabla 16</b>	Niveles analfabetismo y analfabetismo funcional .....	38
<b>Tabla 17</b>	Instrucción de la población .....	38
<b>Tabla 18</b>	Tamaño de la muestra .....	40
<b>Tabla 19</b>	Acciones a realizarse en el periodo de muestreo .....	42
<b>Tabla 20</b>	Formulario cuadro de levantamiento de información del pesaje .....	43
<b>Tabla 21</b>	Formulario peso volumétrico .....	46
<b>Tabla 22</b>	Formulario para la cuantificación de subproductos .....	47
<b>Tabla 23</b>	Generación per cápita.....	48
<b>Tabla 24</b>	Tasa per cápita y generación de residuos orgánicos para una población de 1000 habitantes.....	48
<b>Tabla 25</b>	Peso volumétrico.....	49
<b>Tabla 26</b>	Cuantificación de subproductos .....	50
<b>Tabla 27</b>	Porcentaje de residuos orgánicos e inorgánicos.....	50
<b>Tabla 28</b>	Generación per cápita.....	51
<b>Tabla 29</b>	Tasa per cápita y generación de residuos orgánicos para una población de 2000 habitantes.....	52
<b>Tabla 30</b>	Peso volumétrico.....	53

<b>Tabla 31</b>	Cuantificación de subproductos .....	54
<b>Tabla 32</b>	Porcentaje de residuos orgánicos e inorgánicos.....	54
<b>Tabla 33</b>	Generación per cápita.....	55
<b>Tabla 34</b>	Tasa per cápita y generación de residuos orgánicos para una población de 3000 habitantes.....	56
<b>Tabla 35</b>	Formulario peso volumétrico .....	57
<b>Tabla 36</b>	Cuantificación de subproductos .....	58
<b>Tabla 37</b>	Porcentaje de residuos orgánicos e inorgánicos.....	58
<b>Tabla 38</b>	Peso y volumen de residuos orgánicos para 1000 habitantes .....	62
<b>Tabla 39</b>	Peso y volumen de residuos orgánicos para 2000 habitantes .....	63
<b>Tabla 40</b>	Peso y volumen de residuos orgánicos para 3000 habitantes .....	64
<b>Tabla 41</b>	Criterios de puntuación de la Importancia y valores asignados.....	75
<b>Tabla 42</b>	Matriz causa y efecto .....	77
<b>Tabla 43</b>	Matriz de extensión .....	78
<b>Tabla 44</b>	Matriz de duración .....	79
<b>Tabla 45</b>	Matriz de reversibilidad .....	80
<b>Tabla 46</b>	Matriz de importancia .....	81
<b>Tabla 47</b>	Matriz de magnitud .....	82
<b>Tabla 48</b>	Valoración de impactos ambientales.....	83
<b>Tabla 49</b>	Caracterización de los impactos ambientales.....	84
<b>Tabla 50</b>	Presupuesto referencial planta de compostaje 3000 hab.....	93
<b>Tabla 51</b>	Presupuesto referencial planta de compostaje 2000 hab.....	93
<b>Tabla 52</b>	Presupuesto referencial planta de compostaje 1000 hab.....	94



## **RESUMEN**

La investigación denominada “Tratamiento Biológico de Residuos Sólidos mediante el compostaje en comunidades rurales de 1000, 2000 y 3000 habitantes. Evaluación del Impacto ambiental.” se basó en: 1) Investigaciones descriptivas, bibliográficas, cuali-cuantitativa, y de campo 2) Análisis de resultados obtenidos de acuerdo a la cantidad de habitantes en estudio 3) Diseño de una propuesta para la implementación de una planta de compostaje 4) Manejo técnico 5) Evaluación del impacto Ambiental 6) Plan de Manejo Ambiental y 7) Análisis financiero.

La planta de compostaje contara con la siguiente infraestructura: área para la recepción de la carga y separación manual, plataforma de secado y triturado, área para la formación de la pila, refinado del compost por medio del tamizado, ensacado, almacenamiento y carga del compost, área administrativa, y vestidores; esta infraestructura permitirá realizar el manejo técnico de los residuos orgánicos.

Aplicando procedimientos y parámetros de control como: pH, temperatura, humedad, volteos, que permitieran tener un producto de gran calidad en 60 días.

Para poder establecer el diseño de las pilas de compostaje y la planta en su conjunto se determinó la generación per cápita de las poblaciones tomadas como muestra Chantilín, 11 de Noviembre y José Guango Bajo que corresponden a 1000, 2000 y 3000 habitantes respectivamente.

Se realizó la evaluación de impactos ambientales basados en las actividades establecidas para la planta y se determinó que las actividades de esta planta, generan impactos negativos que pueden ser mitigados mediante la correcta aplicación del Plan de Manejo Ambiental.

## **ABSTRACT**

The research called “Solid waste biological treatment through the composting in rural communities of 1,000, 2,000 and 3,000 inhabitants. Environmental impact evaluation”. It was based on: 1) Descriptive, bibliographical, qualitative-quantitative and field research 2) Obtained result analysis are based on the inhabitant quantity in the study 3) Proposal design for implementing a composting plant 5) Environmental impact evaluation 6) Environmental handling plan 7) Financial analysis about the composting plant.

The composting plant will have the following infrastructure: an area for the loading reception and manual separation, a dried and crushed platform, an area for forming the stack, compost refining through sieving, bagged, storing and loading the compost, administrative area, and dressing. This infrastructure will permit the technical handling of the organic waste.

By applying procedures and control parameters as: pH, temperature, moisture, voltage, that let us have a great quality product in sixty days.

The environmental impact evaluation was carried out based on established activities for the composting plant and it was determined this plant activities generated negative impacts that can be mitigated through a correct application on the environmental handling plan.

## INTRODUCCIÓN

El incremento de la población y los procesos de transformación industrial que genera una cultura consumista, son los principales causantes de la generación de residuos sólidos.

Estos constituyen cerca del 70% del volumen total de desechos generados, por tal motivo se busca una salida integral que contribuya al manejo adecuado, potenciando los productos finales de éstos procesos (compostaje) y minimizando un gran número de impactos ambientales que conlleven a la sostenibilidad de los recursos naturales.

Por tal motivo y con el propósito de aportar con la minimización y uso adecuado de los residuos sólidos orgánicos, se propuso el tema de tesis “Tratamientos Biológicos de los Residuos Sólidos mediante el Compostaje en Comunidades Rurales de 1000, 2000 y 3000 habitantes. Evaluación del Impacto Ambiental”, que a más de responder a las principales necesidades de los beneficiarios, encaja plenamente con el Plan Nacional de Desarrollo, amparado directamente en la “Política 4.7. “Prevenir y controlar la contaminación ambiental, como aporte para el mejoramiento de la calidad de vida, a través del desarrollo de estrategias de descontaminación, mejoramiento de controles de calidad ambiental, y el establecimiento de estándares ambientales aplicables”. (Plan Nacional de Desarrollo, 2000, pág. 12) Cuya finalidad es manejar de manera completa los residuos orgánicos que se generan en dichas comunidades.

El hacer ingeniería de algo tan vulgar como la basura exige reflexión y un análisis sistemático de los diferentes conceptos, términos y elementos. La planificación e ingeniería de las unidades de gestión de residuos sólidos comprende factores tantos, sociales, políticos y técnicos en dichas comunidades.

## **CAPÍTULO 1**

### **GENERALIDADES**

#### **1.1. Justificación del proyecto**

La situación del manejo de los desechos sólidos, en comunidades rurales viene dada por la falta de compromiso, esto nos lleva a establecer que existe irresponsabilidad del hombre relacionado con el cuidado del medio ambiente. La contaminación de nuestros recursos naturales puede tener efecto en las generaciones venideras, es por esta razón que se plantea la gestión integral de los residuos sólidos en comunidades rurales de 1000, 2000 y 3000 habitantes para mitigar y proteger al medio ambiente.

El tema planteado tiene como objetivo proponer un sistema de gestión integral de los residuos sólidos en comunidades rurales de manera que contribuya en parte a un proceso de inter aprendizaje permanente donde las personas adquieren valores ambientales, desarrollen habilidades, actitudes y criterios necesarios para tomar decisiones a favor de un ambiente saludable.

Frente a esta realidad es necesario establecer sistemas eficaces y viables en el manejo de los residuos sólidos, mismos que ayuden a valorizarlos, contribuyan a la economía de estas comunidades y la conservación de un ambiente sano. Dicho sistema debe incorporar métodos donde se aproveche y recupere los residuos sólidos generados, conforme exista un crecimiento demográfico y cambios de comportamiento de la población. (Flores, 2002, pág. 1)

Es importante considerar que este proyecto puede ser considerado como un plan piloto y ser replicado en otras poblaciones rurales en toda la serranía ecuatoriana con similares características poblacionales, y situación geográfica.

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. Objetivo general

- ✓ Proponer un sistema de gestión integral de los residuos sólidos en comunidades rurales de 1000, 2000 y 3000 habitantes

### 1.2.2. Objetivos específicos

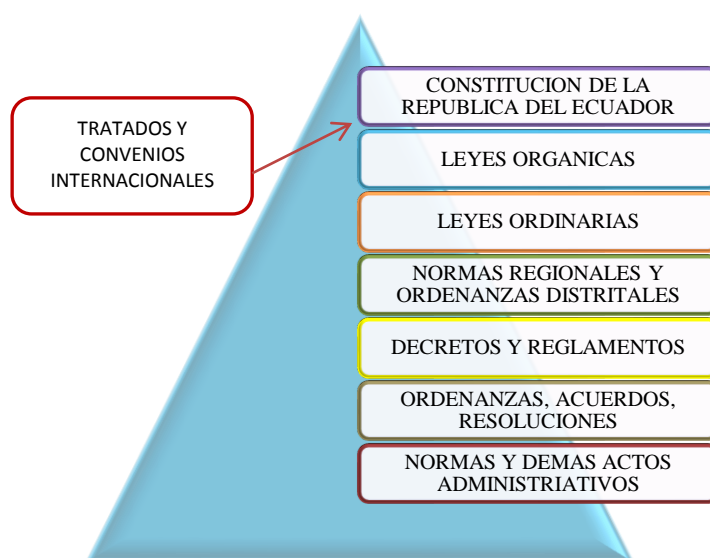
- ✓ Investigar cuál es el sistema más eficiente que se puede implementar en el proyecto relacionado a tratamiento de residuos.
- ✓ Generar planos de detalle del sistema propuesto
- ✓ Estudiar el impacto ambiental del proyecto

## 1.3. Marco legal aplicable al manejo de residuos

A continuación se incluyen los principales cuerpos legales que son de aplicación general para el presente proyecto.

Se ha considerado el orden jerárquico de aplicación de las normas que establece la actual Constitución de la República del Ecuador el cual es el siguiente: la Constitución; los tratados y convenios internacionales; las leyes orgánicas; las leyes ordinarias; las normas regionales y las ordenanzas distritales; los decretos y reglamentos; las ordenanzas; los acuerdos y las resoluciones.

**Figura 1** Orden jerárquico de aplicación de normas



Elaborado por: Jennifer Chiquin

## **Constitución Política de la República. R.O. 449 del 20 de octubre 2008**

Contempla las disposiciones del Estado sobre el tema ambiental

**El Art. 14** sección segunda “ambiente sano”, Capítulo segundo, “derechos del buen vivir”, Título II “Derechos”. Reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, “sumak kawsay”. (Asamblea Constituyente, 2008, pág. 19)

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales, Art.83, Art. 276 (Asamblea Constituyente, 2008, págs. 53-130)

## **Ley de Gestión Ambiental. Registro Oficial No. 418, del 10 de Septiembre 2004**

**Art. 2** del Título I, “Ámbito y principios de la gestión ambiental”. La gestión ambiental se sujeta a los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, utilización de tecnologías alternativas ambientalmente sustentables y respecto a las culturas y prácticas tradicionales. (Ley de Gestión Ambiental, 2004, pág. 6)

## **Libro VI “De La Calidad Ambiental” Anexo 6 “Norma de Calidad Ambiental para el Manejo y Disposición Final de Desechos Sólidos no Peligrosos”**

Numerales principales: 4.1.20, 4.2.6, 4.3.3.4, 4.9.1, 4.13.6, y el 4.13.9 (TULSMA, 2009, págs. 6-9)

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

En este capítulo se presenta una revisión de los conceptos básicos que vinculan y fundamentan esta investigación, son provenientes de investigaciones afines extraídas de libros, revistas, páginas electrónicas y documentos especializados acerca del Manejo Integral de los Residuos Sólidos.

#### **2.1 Residuos sólidos**

##### **2.1.1 Definición**

Cualquier objeto, material, sustancia o elemento que se abandona, bota o rechaza después de haber sido consumido o usado en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios e instituciones de salud y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien con valor económico. (Ordenanza Metropolitana 332, 2010, pág. 13)

##### **2.1.2 Clasificación de los residuos sólidos**

Los residuos se pueden clasificar de varias formas, tanto por estado, origen o por el tipo de manejo que se les debe dar. (Fortunecitys, 2000)

###### **2.1.2.1 Clasificación por estado**

“Se los clasifica según el estado físico en que se encuentre. Por lo tanto, se clasifican en: Sólidos, Líquidos y Gaseosos. El alcance real de esta clasificación puede fijarse en términos meramente descriptivos o según la forma de manejo asociado.” (Fortunecitys, 2000)

###### **2.1.2.2 Clasificación por origen**

Según esta clasificación, los tipos de residuos más importantes son:

- ✓ **Residuos sólidos urbanos:** Los que componen la basura doméstica; la generación de residuos varía en función de factores culturales asociados a los niveles de ingreso, hábitos de consumo, desarrollo tecnológico y estándares de calidad de vida de la población.

- ✓ **Residuos industriales:** La cantidad de residuos que genera una industria en función de la tecnología del proceso productivo, calidad de las materias primas o productos intermedios, propiedades físicas y químicas de las materias auxiliares empleadas, combustibles utilizados y los envases y embalajes del proceso. (Fortunecitys, 2000)

### 2.1.2.3 Clasificación por tipo de manejo

Se puede clasificar un residuo por presentar alguna característica asociada al manejo que debe ser realizado:

- ✓ **Residuo peligroso:** Residuos que por su naturaleza son inherentemente peligrosos de manejar y/o disponer y pueden causar muerte, enfermedad; o que son peligrosos para la salud o el medio ambiente cuando son manejados en forma inapropiada.
- ✓ **Residuo inerte:** Residuo estable en el tiempo, el cual no producirá efectos ambientales apreciables al interactuar en el medio ambiente. (Fortunecitys, 2000)

### 2.1.3 Residuos Sólidos Orgánicos

“Son aquellos residuos que provienen de restos de productos de origen orgánico, la mayoría de ellos son biodegradables. Se pueden desintegrar o degradar rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica”. (Flores, 2002, pág. 8)

#### 2.1.3.1 Clasificación de los residuos sólidos orgánicos

“Existen muchas formas de clasificación de los residuos sólidos orgánicos, sin embargo, las dos más conocidas están relacionadas con su fuente de generación y con su naturaleza y/o características físicas”. (Flores, 2002, pág. 8)



- **Según su fuente de generación**

Los residuos sólidos orgánicos según su fuente se clasifican en:

- ✓ **Residuos provenientes del barrido de las calles:** su contenido es muy variado, sus posibilidades de aprovechamiento son limitadas por la dificultad que representa llevar adelante el proceso de separación física.
- ✓ **Residuos institucionales:** provenientes de instituciones públicas y privadas. Se caracteriza mayormente por contener papeles y cartones y también residuos de alimentos provenientes de los comedores institucionales.
- ✓ **Residuos de mercados:** son aquellos residuos provenientes de mercados de abastos y otros centros de venta de productos alimenticios. Es una buena fuente para el aprovechamiento de orgánicos y en especial para la elaboración de compost y fertilizante orgánico.
- ✓ **Residuos de origen comercial:** residuos provenientes de los establecimientos comerciales, entre los que se incluyen tiendas y restaurantes. Estos últimos son la fuente con mayor generación de residuos orgánicos debido al tipo de servicio que ofrecen como es la venta de comidas.
- ✓ **Residuos domiciliarios:** residuos provenientes de hogares, cuya característica puede ser variada, pero que mayormente contienen restos de verduras, frutas, residuos de alimentos preparados, podas de jardín y papeles. Representa un gran potencial para su aprovechamiento en las ciudades del país. (Flores, 2002, pág. 9)

- **Según su naturaleza y/o característica física**

Los residuos sólidos orgánicos según su naturaleza y/o característica física se clasifican en:

- ✓ **Residuos de alimentos:** son restos de alimentos que provienen de diversas fuentes, entre ellas: restaurantes, comedores, hogares y otros establecimientos de expendio de alimentos.
- ✓ **Estiércol:** son residuos fecales de animales (ganado) que se aprovechan para su transformación en bio-abono o para la generación de biogás.

- ✓ **Restos vegetales:** son residuos provenientes de podas o deshierbe de jardines, parques u otras áreas verdes; también se consideran algunos residuos de cocina que no han sido sometidos a procesos de cocción como legumbres, cáscara de frutas, etc.
- ✓ **Papel y cartón:** son residuos con un gran potencial para su reciclaje pero que no materia de desarrollo en éste trabajo.
- ✓ **Cuero:** son residuos mayormente derivados de artículos de cuero en desuso.  
(Flores, 2002, pág. 10)

## 2.2 Composición

En base a la composición se puede determinar si el posible o no el reciclaje o a su vez establecer un sistema de tratamiento para los residuos sólidos.

**Tabla 1** Naturaleza de los residuos sólidos urbanos en Ecuador

Material	Porcentaje (%)	Producción (ton/día)
Materia orgánica	71.4	5298
Papel y cartón	9.6	709
Plástico	4.5	336
Vidrio	3.7	274
Metales	0.7	53
Total	100	6669

**Fuente:** Análisis Sectorial de RSU en Ecuador (2002)

Esta composición difiere entre en zonas rural u urbana, por las costumbres de manejo. Ya que los residuos sólidos orgánicos en zonas rurales son utilizados para la alimentación de ciertos animales o como abono natural, mientras que en las zonas urbanas todo el material orgánico es desechado en su totalidad.  
(Análisis Sectorial de Residuos Sólidos en Ecuador, 2002)

### 2.2.1 Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos

“Es el conjunto de fases sucesivas de un proceso, cuando la materia inicial es un residuo, entendiéndose que el procesamiento tiene el objetivo económico de valorizar

el residuo u obtener un producto o subproducto utilizable.” (Jaramillo & Zapata, 2008)

Se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

- ✓ Se trata de materia prima con valor comercial, en consecuencia sujeta a las leyes del mercado y consideradas como insumo.
- ✓ Su destino es el aprovechamiento ya sea de manera directa o como resultado de procesos de tratamiento, reutilización, reciclaje, producción de bio-abono, generación de biogás, compostaje, producción de energía, entre otros.
- ✓ La calificación de residuo aprovechable debe darse teniendo en cuenta que exista un mercado para el residuo, en el cual están comprometidos los generadores de las materias primas y de los productos finales. (Jaramillo & Zapata, 2008, pág. 34)

#### **2.2.1.1 Alimentación animal**

En las zonas rurales, algunos pobladores separan la fracción orgánica generada para la alimentación de animales, en su mayoría ganado y cerdos.

#### **2.2.1.2 Compost**

“Es un proceso biológico de descomposición de compuestos orgánicos hasta la formación de un producto estable y rico en sustancias húmicas.” (Soto & Muñoz, 2002, pág. 1)

#### **2.2.1.3 Lombricultivo**

La lombricultura es la técnica de criar lombrices en cautiverio, logrando obtener una rápida y masiva producción y crecimiento en espacios reducidos, utilizando para su alimentación materiales biodegradables de origen agrícola, pecuario, industrial y casero, produciendo como resultado la transformación de los desechos en biomasa y humus (abono orgánico) de alta calidad. Las heces de la lombriz (humus) son ricas en nutrientes. (Soto & Muñoz, 2002, pág. 3)

#### **2.2.1.4 Biofertilizantes**

Son fertilizantes que aumentan el contenido de nutrientes en el suelo o que aumentan la disponibilidad de los mismos. Entre éstos es más conocido es el de bacterias fijadoras de nitrógeno como *Rhizobium*, pero también se pueden incluir otros productos como micorrizas, fijadoras de nitrógeno no simbióticas, etc. (Soto & Muñoz, 2002, pág. 3)

#### **2.2.1.5 Biofermentos**

“Son fertilizantes en su mayoría foliares, que se preparan a partir de la fermentación de materiales orgánicos. Son de uso común los biofermentos a base de excretas de ganado vacuno, o biofermentos de frutas.” (Soto & Muñoz, 2002, pág. 4)

### **2.3 Gestión de residuos sólidos orgánicos**

Los residuos sólidos orgánicos representan un material de gran importancia, ya que con un adecuado tratamiento, podemos obtener un subproducto para ser utilizado de una manera económica, sencilla y viable.

#### **2.3.1 Compostaje**

Es un proceso natural y biooxidativo, en el que intervienen numerosos y variados microorganismos aerobios que requieren una humedad adecuada y sustratos orgánicos heterogéneos en estado sólido, implica el paso por una etapa termófila dando al final como producto de los procesos de degradación de dióxido de carbono, agua y minerales, como también una materia orgánica estable, libre de patógenos y disponible para ser utilizada en la agricultura como abono acondicionador de suelos sin que cause fenómenos adversos. (Jaramillo & Zapata, 2008, pág. 35)

#### **2.3.2 Objetivos del compostaje**

- ✓ Transformar materiales orgánicos biodegradables en material biológicamente estable, y en el proceso reducir el volumen original de los residuos.

- ✓ Destruir patógenos, y otros organismos no requeridos que pueden estar presentes en los Residuos Sólidos y retener el máximo contenido nutricional (nitrógeno, fosforo y potasio).
- ✓ Elaborar un producto que se pueda utilizar para soportar el crecimiento de plantas y como enmienda del suelo. (Flores, 2002, pág. 10)

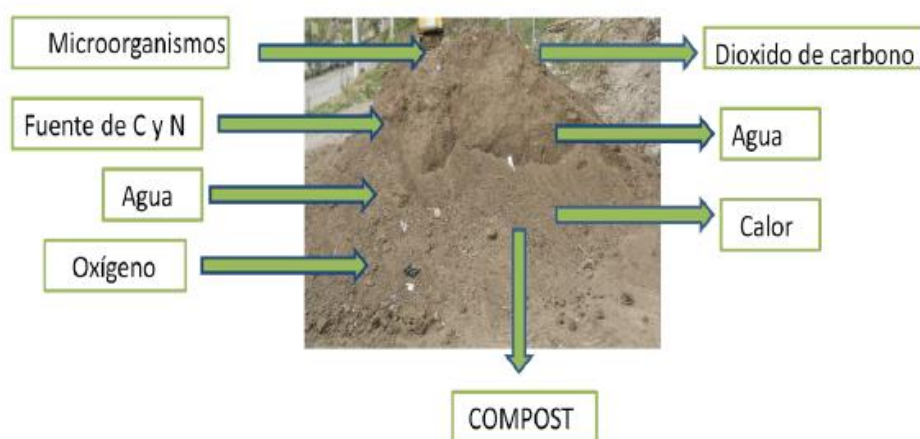
### 2.3.3 Proceso de compostaje

“Existen diversas alternativas para el tratamiento de los residuos orgánicos generados en las ciudades. Dentro de estos existen procesos biológicos como el compost por digestión aerobia y el compost por digestión anaerobia.” (Jaramillo & Zapata, 2008, pág. 38)

#### 2.3.3.1 Compost por digestión aerobia

Se define como una oxidación biológica que ocurre bajo condiciones controladas de humedad, temperatura y aireación. Los microorganismos, utilizan el carbono y nitrógeno disponible en los residuos orgánicos, liberando energía por la actividad metabólica y produciéndose gracias a una serie de reacciones bioquímicas, agua, anhídrido carbónico, sales minerales y calor. (Jaramillo & Zapata, 2008, pág. 38)

**Figura 2** Esquema de los elementos que intervienen en compost.



Elaborado por: Jennifer Chiquin

## **2.3.4 Compostaje Aerobio**

### **2.3.4.1 Tipos de compostaje Aerobio**

✓ Sistema abierto

- **Sistema de Pilas**

El compostaje en pilas es un sistema sencillo, construido directamente sobre el suelo, donde se va depositando por capas, los diferentes tipos de residuos formando una pila.

Hay que tener en cuenta que la pila no es una estructura estable, por lo que el material tiende a escaparse, sobre todo si llueve y la pila no está cubierta. Las dimensiones mínimas que debe mantener la pila, son de 1m de ancho por 1m de alto. La longitud mínima también es de 1m, pero esta va incrementando según vamos generando residuos. (Jaramillo & Zapata, 2008, pág. 38)

- **Pila estática aireada**

Consiste en una red de tuberías de escape o aireación sobre la cual se coloca la fracción orgánica procesada de los residuos sólidos. Las alturas de las pilas son aproximadamente de 2 a 2,5 m. A menudo se coloca encima de la pila recientemente formada una capa de compost cribado para control de olores. (Jaramillo & Zapata, 2008, pág. 39)

- **Compostaje en hilera**

Un sistema rápido de compostaje con una sección transversal normalmente de 2 a 2,30 m de altura por 4,5 a 5 m de anchura. Antes de formar las hileras se procesa el material orgánico mediante trituración y cribación hasta obtener un tamaño de aproximadamente 2,5 a 7,5 cm y un contenido de humedad ajustado entre el 50 y 60%. En los sistemas de alto rendimiento se voltea hasta dos veces por semana mientras se mantiene la temperatura en 55°C un poco por encima. El volteo en hileras frecuentemente viene acompañado por emisiones de olores. La fermentación completa puede obtenerse en 3 o 4 semanas. Después del período de volteo, se deja el compost para curarse durante tres o

cuatro semanas más, sin volteo. (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1997, pág. 57)

- **Compostaje en pilas estáticas aireadas en forma pasiva**

Consiste en colocar el material a compostar en pilas y airearlo en forma pasiva, a través de una red de tuberías perforadas que se lo colocan en la parte inferior de la pila. La altura de la pila es de 1,0 a 1,5 m.

Se lo coloca una cubierta porosa (turba) de manera de permitir el flujo adecuado de aire que entra a través de las cañerías. Además la cubierta permite retener los olores, la turba preserva afinidad por las moléculas que lo causan y controlan la humedad. (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1997, pág. 59)

✓ Sistemas cerrados

- **Sistemas de compostaje en reactor**

“Para éste sistema se ha utilizado como reactor todo tipo de recipientes. Estos se pueden dividir en dos categorías importantes de reactores: flujo pistón y dinámico.” (Jaramillo & Zapata, 2008, pág. 40)

### **2.3.5 Fases del compostaje**

Se enuncian cuatro (4) fases durante el proceso del compostaje, las cuales se describen a continuación.

#### **2.3.5.1 Mesófila**

Es la primera fase y se caracteriza por la presencia de bacterias y hongos; se multiplican y consumen los carbohidratos más fácilmente degradables, produciendo un aumento en la temperatura desde la del ambiente a más o menos 40 grados centígrados. Duración aproximada de esta fase 7 días. (Jaramillo & Zapata, 2008, pág. 35)

#### **2.3.5.2 Termófila**

La temperatura sube de 40 a 60 grados centígrados, desaparecen los organismos mesófilos, mueren las malas hierbas. La temperatura debe llegar y mantenerse a más de 40 grados centígrados a efecto de reducción o supresión de patógenos al hombre y a las plantas de cultivo. En ésta etapa se degradan ceras, proteínas y hemicelulosas. Duración aproximada de esta fase 7 días. (Jaramillo & Zapata, 2008, págs. 35-36)

#### **2.3.5.3 Enfriamiento**

La temperatura disminuye desde la más alta alcanzada durante el proceso hasta llegar a la del ambiente, se va consumiendo el material fácilmente degradable, desaparecen los hongos termófilos y el proceso continúa gracias a los organismos esporulados y actinomicetos. Cuando se inicia la etapa de enfriamiento, los hongos termófilos que resistieron en las zonas menos calientes del proceso realizan la degradación de la celulosa. Duración aproximada de esta fase 7 días. (Jaramillo & Zapata, 2008, pág. 36)

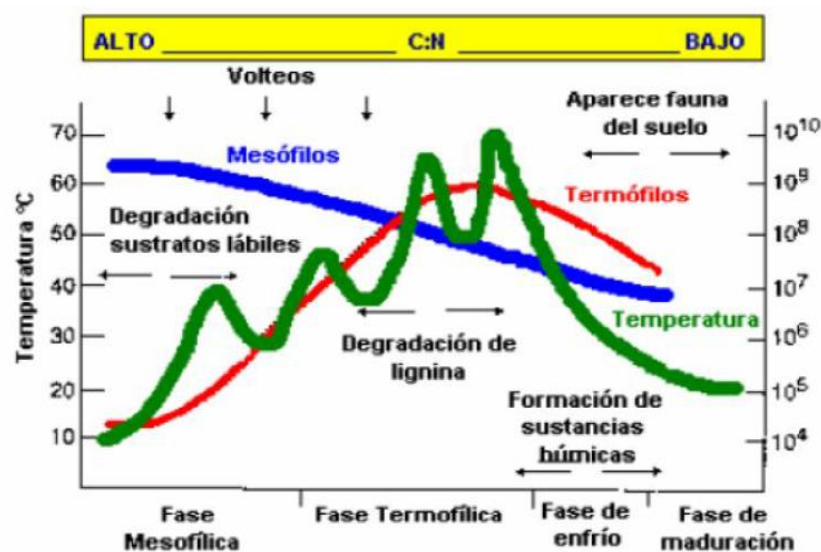
#### **2.3.5.4 Maduración**

“Complemento final de las fases que ocurren durante el proceso de fermentación disminuyendo la actividad metabólica. El producto permanece más o menos 15 días en ésta fase.” (Jaramillo & Zapata, 2008, pág. 36)

El proceso termina en 45 días controlando los parámetros de temperatura, volteo, humedad, pH, porque los microorganismos se encuentran en condiciones óptimas para su desarrollo.



**Figura 3** El proceso de compostaje



Fuente: Puerta, Silvia; 2007

### 2.3.6 Condiciones del proceso de compostaje

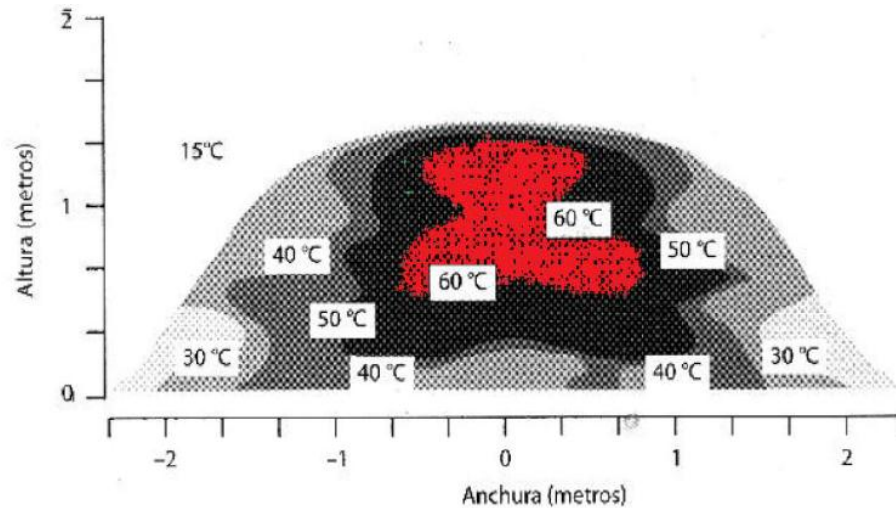
En el proceso de compostaje, son los microorganismos los responsables de la transformación del sustrato, por lo tanto, todos aquellos factores que puedan inhibir su crecimiento y desarrollo, afectarán también sobre el proceso. Los factores más importantes que intervienen éste proceso biológico son: temperatura, humedad, pH, oxígeno, relación C/N y población microbiana. (Jaramillo & Zapata, 2008, pág. 36)

#### 2.3.6.1 Temperatura

Las fases mesófila y termófila del proceso, mencionadas anteriormente, tienen un intervalo óptimo de temperatura. En la Figura 4. Se muestra un área de color rojo, es el lugar donde se alcanzan temperaturas más altas, a partir de éste nivel se empiezan a eliminar microorganismos patógenos dándose el proceso de sanitización ayudados adicionalmente por los antibióticos producidos por algunos microorganismos que favorecen su eliminación. Hacia los 70 °C grados centígrados se inhibe la actividad microbiana por lo que es importante la aireación del compost para disminuir la temperatura y evitar la muerte de microorganismos. Durante estos cambios de temperatura las poblaciones bacterianas se van sucediendo unas a otras. Este ciclo se mantiene hasta el

agotamiento de nutrientes, disminuyendo los microorganismos y la temperatura. (Jaramillo & Zapata, 2008, pág. 37)

**Figura 4** Perfil de temperatura de una pila de compost estática.



**Fuente:** Jaramillo y Zapata; 2008.

#### 2.3.6.2 Humedad

En el compostaje es importante evitar la humedad elevada ya que cuando está muy alta, el aire de los espacios entre partículas de residuos se desplaza y el proceso pasa a ser anaerobio. Por otro lado, si la humedad es muy baja, disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso se retarda. Se consideran niveles óptimos de humedades entre 40% - 60%. (Jaramillo & Zapata, 2008, pág. 37)

#### 2.3.6.3 pH

El compostaje permite un amplio intervalo de pH (3.0 – 7.0), sin embargo los valores óptimos están entre 5.5 y 7.0, porque las bacterias prefieren un medio casi neutro, mientras los hongos se desarrollan mejor en un medio ligeramente ácido. El valor del pH cae ligeramente durante la etapa de enfriamiento llegando a un valor de 6 a 7 en el compost maduro. (Jaramillo & Zapata, 2008, pág. 37)

#### **2.3.6.4 Oxígeno**

Los microorganismos deben disponer de oxígeno suficiente para que se dé el proceso aerobio, esto se logra mediante la aireación. Si se garantiza el oxígeno necesario para que se desarrolle el proceso, se puede obtener un compost rápido y de buena calidad, evitándose problemas de malos olores. (Jaramillo & Zapata, 2008, pág. 38)

#### **2.3.6.5 Relación Carbono- Nitrógeno (C/N) Nutrientes**

La relación C/N, expresa las unidades de Carbono por unidades de Nitrógeno que contiene un material. El Carbono es una fuente de energía para los microorganismos y el Nitrógeno es un elemento necesario para la síntesis proteica. Una relación adecuada entre estos dos nutrientes, favorecerá un buen crecimiento y reproducción. (Jaramillo & Zapata, 2008, pág. 38)

#### **2.3.6.6 Tamaño de partículas**

El tamaño de partículas no debe ser ni muy fina ni muy gruesa, porque si es muy fina, se obtiene un producto apelmazado, lo que impide la entrada de aire al interior de la masa y no se llevará a cabo una fermentación aerobia completa. Si las partículas son muy grandes, la fermentación aeróbica tendrá lugar, solamente en la superficie de la masa triturada. Aunque el desmenuzamiento del material facilita el ataque microbiano, no se puede llegar al extremo de limitar la porosidad, es por ello que se recomienda un tamaño de partícula de 1 a 5 cm. (Jaramillo & Zapata, 2008, pág. 38)

#### **2.3.6.7 Relación Sólidos Volátiles – Sólidos Totales (SV/ST)**

“La relación inicial de SV/ST para los residuos orgánicos debe ser de 0,6 mientras que para el compost debe ser menor a 0,3 lo que indica que el material se encuentra mineralizado gracias a la acción bacteriana.” (Soto & Muñoz, 2002, pág. 5)

## **CAPÍTULO 3**

### **APLICACIÓN METODOLÓGICA E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **3.1 Métodos**

##### **3.1.1 Tipos de investigación**

Para el desarrollo de la siguiente investigación se requirió de:

###### **3.1.1.1 Investigación descriptiva**

Llamada también investigación diagnóstica, para así poder determinar el estado actual del manejo de los residuos sólidos generados en las poblaciones rurales de 1000, 2000 y 3000 habitantes, además el estudio es prospectivo puesto que los resultados obtenidos servirán para una posible implementación, ejecución y posterior control y evaluación.

###### **3.1.1.2 Investigación bibliográfica**

Se empleó este tipo de investigación ya que mediante las fuentes bibliográficas disponibles se puede obtener información que permita, interpretar y explicar las causas y efectos del problema en estudio, para de esta forma llegar a conclusiones.

###### **3.1.1.3 Investigación cuali – cuantitativa**

Se empleó las normas mexicanas (NMX-AA 015-019-022-061), las cuales nos permiten cuantificar y caracterizar los tipos de desechos generados en el área de estudio.

###### **3.1.1.4 Investigación de campo**

Para determinar la generación de residuo sólidos en comunidades rurales de 1000, 2000 y 3000 habitantes se tomó como muestra a las comunidades de Chantilín, 11 de Noviembre y José Guango Bajo, las mismas que cuentan con un número de habitantes similares a las requeridos, esta investigación nos sirvió como medio para el levantamiento de información tanto en lo que se refiere a la generación y composición de residuos sólidos.

### **3.1.2 Metodología**

Se utilizó las normas mexicanas NMX-AA para la caracterización de los residuos sólidos en diferentes comunidades de los Cantones de Latacunga y Saquisilí; estas normas fueron:

- ✓ Norma Mexicana NMX-AA-015-1985. Método de cuarteo (Anexo 1)
- ✓ Norma Mexicana NMX-AA-019-1985. Peso volumétrico in situ (Anexo 2)
- ✓ Norma Mexicana NMX-AA-022-1985. Cuantificación de subproductos (Anexo 3)
- ✓ Norma Mexicana NMX-AA-061-1985. Determinación de la PPC. (Anexo 4)

### **3.2 Unidad de estudio**

El proyecto está enfocado para comunidades rurales de 1000, 2000 y 3000 habitantes, para lo cual fue necesario tomar tres puntos de muestreo con estas características entre las comunidades se encuentran las parroquias de Chantilín, 11 de noviembre y José Guango Bajo.

#### **3.2.1 Descripción de la unidad de estudio**

La descripción de la línea base, que comprende la realización de un diagnóstico de la situación ambiental actual, de las parroquias Chantilín, 11 de noviembre y José Guango Bajo.

Para tener una idea íntegra de las condiciones ambientales existentes en las áreas de las comunidades ya mencionadas, se describirá las características de los componentes Físico, Biótico y Socio Económico.

A continuación se presenta la descripción detallada del área a muestrear.

### 3.2.1.1 Medio físico

- **Localización Geográfica**

Las parroquias, José Guango Bajo y 11 de Noviembre se encuentran ubicadas en la Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, mientras que la parroquia Chantilín pertenece al Cantón de Saquisilí.

**Tabla 2** Coordenadas geográficas UTM

PARROQUIA	X	Y
José Guango Bajo	769654	9907462
11 de Noviembre	759998	989869
Chantilín	761976	9905836

**Elaborado por:**Jennifer Chiquin

Para la descripción del medio físico se recurrió al Anuario Meteorológico 2006 a 2010, de la Estación Rumipamba-Salcedo (M004).como información secundaria.

- **Climatología**

“El clima de una determinada región se define como el conjunto de características atmosféricas encontradas en dicha región, incluyendo la temperatura, la precipitación, la humedad, vientos y nubosidad.” (INAMHI, 2006, pág. 14)

La Línea Base Meteorológica ha sido desarrollada sobre la información contenida y disponible en los Anuarios Meteorológicos del Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología, se debe indicar que dentro de la información que se dispone del INAMHI, se estableció a la Estación Rumipamba-Salcedo (M004) como la más cercana a los cantones de Latacunga y Saquisilí y con disponibilidad de datos hacer analizados.

La ubicación de la estación meteorológica es:

**Tabla 3** Ubicación estación meteorológica Rumipamba-Salcedo

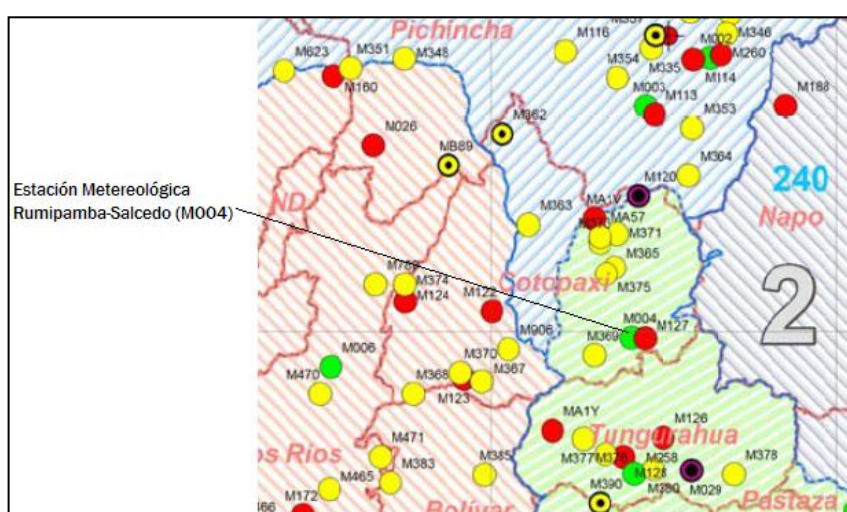
NOMBRE	CÓDIGO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (MSNM)
Rumipamba-Salcedo	M004	1 ° 1 ' 5 " S	78 ° 35 ' 32 " W	2628

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos - Estación Rumipamba – Salcedo - M004

(Periodo 2006-2010)

**Elaborado por:** Jennifer Chiquin

**Figura 5** Ubicación de la estación meteorológica



**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos - Estación Rumipamba – Salcedo - M004

(Periodo 2006-2010)

**Elaborado por:** Jennifer Chiquin

## Temperatura

La temperatura de aire es la media de la cantidad de calor que posee la masa de aire en la zona de estudio, la temperatura del aire está estrechamente ligada con la cantidad de energía radiante; por lo que la latitud determina la insolación de la zona, es así que el área por estar localizada en una zona ecuatorial, recibe una importante incidencia solar por unidad de superficie. (INAMHI, 2006, pág. 14)

De los registros meteorológicos de temperatura del año 2006 al 2010, se analiza que la temperatura media mensual promedio de los cantones de Latacunga y Saquisilí es 14,06 °C.

**Tabla 4** Temperatura

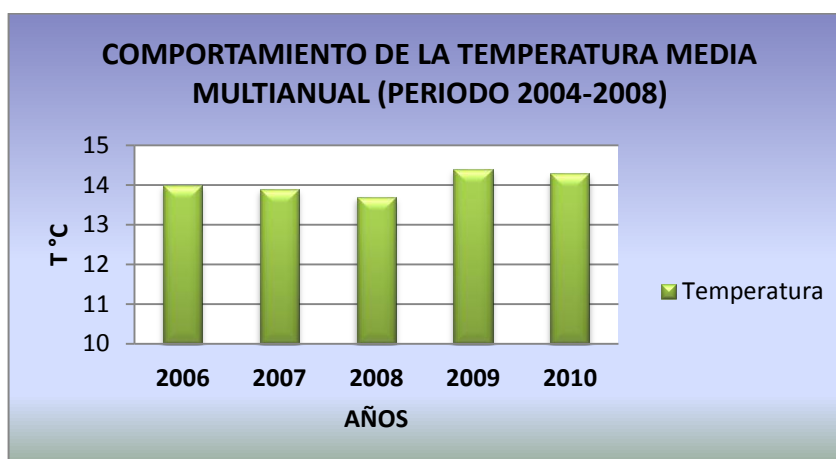
Estación Meteorológica Rumipamba-Salcedo (M004)						
Años	2006	2007	2008	2009	2010	Media
°C	14	13,9	13,7	14,4	14,3	14,06

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos - Estación Rumipamba – Salcedo - M004

(Periodo 2006-2010)

**Elaborado por:** Jennifer Chiquín

**Figura 6** Temperatura



**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos - Estación Rumipamba – Salcedo M004 (Periodo 2006-2010)

**Elaborado por:** Jennifer Chiquín

### Humedad Relativa

“Es un parámetro que determina el grado de saturación de la atmósfera. Está definido por la relación existente entre la tensión de vapor actual y la tensión de vapor saturante a una determinada temperatura, multiplicada por cien.” (INAMHI, 2006, pág. 18)

**Tabla 5** Humedad relativa

Estación Meteorológica Rumipamba-Salcedo (M004)						
Años	2006	2007	2008	2009	2010	Media
%	77	76	77	75	76	76,2

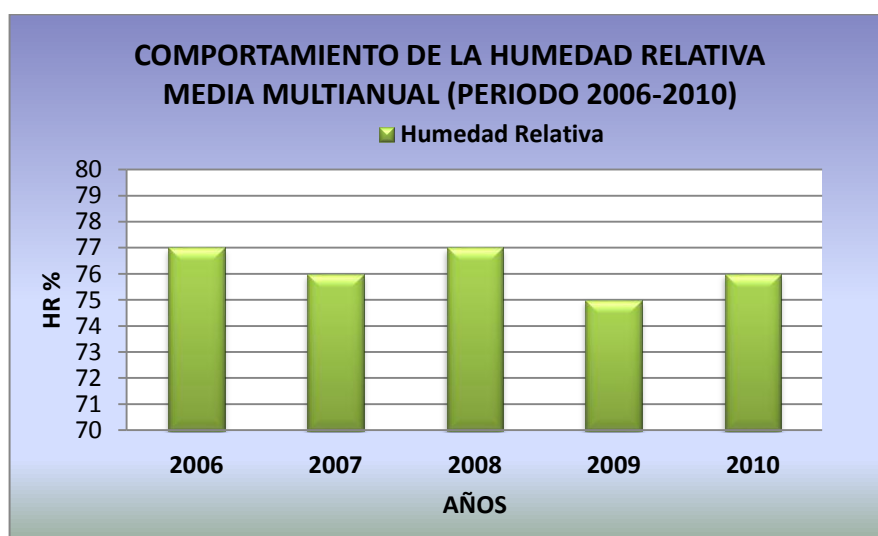
**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos - Estación Rumipamba – Salcedo - M004

(Periodo 2006-2010)

**Elaborado por:** Jennifer Chiquín



**Figura 7** Humedad relativa



**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos - Estación Rumipamba – Salcedo M004 (Periodo 2006-2010)

**Elaborado por:** Jennifer Chiquín

### Precipitación

“La precipitación anual, constituye un parámetro importante en lo concerniente al análisis de la autodepuración natural de la atmósfera de un sitio determinado, considerando que este fenómeno natural produce el lavado de los contaminantes atmosféricos”. (INAMHI, 2006, pág. 18)

De los datos obtenidos para el periodo establecido, la media multianual es de 621,28 mm, registrándose en el año 2008 el promedio más alto de precipitación.

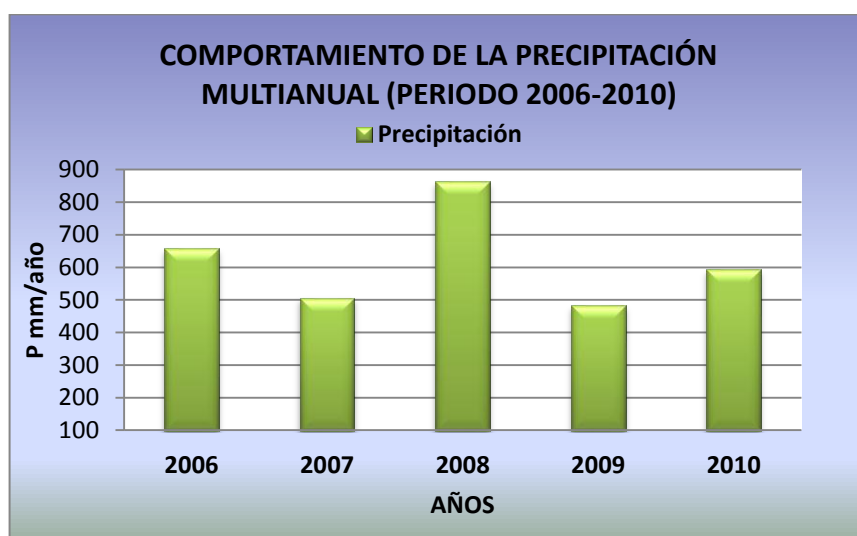
**Tabla 6** Precipitación

Estación Meteorológica Rumipamba-Salcedo (M004)						
Años	2006	2007	2008	2009	2010	Media
mm	659,4	506,3	864,3	482,5	593,9	621,28

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos - Estación Rumipamba – Salcedo - M004 (Periodo 2006-2010)

**Elaborado por:** Jennifer Chiquín

**Figura 8** Precipitación



**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos - Estación Rumipamba – Salcedo M004 (Periodo 2006-2010)

**Elaborado por:** Jennifer Chiquín

### Nubosidad

“Fracción de la bóveda terrestre cubierta por la totalidad de nubes visibles, se divide a la bóveda celeste en octas llamados (octas).” (INAMHI, 2006, pág. 19)

Los datos registrados en la estación meteorológica Rumipamba-Salcedo registran un promedio de 6 octas.

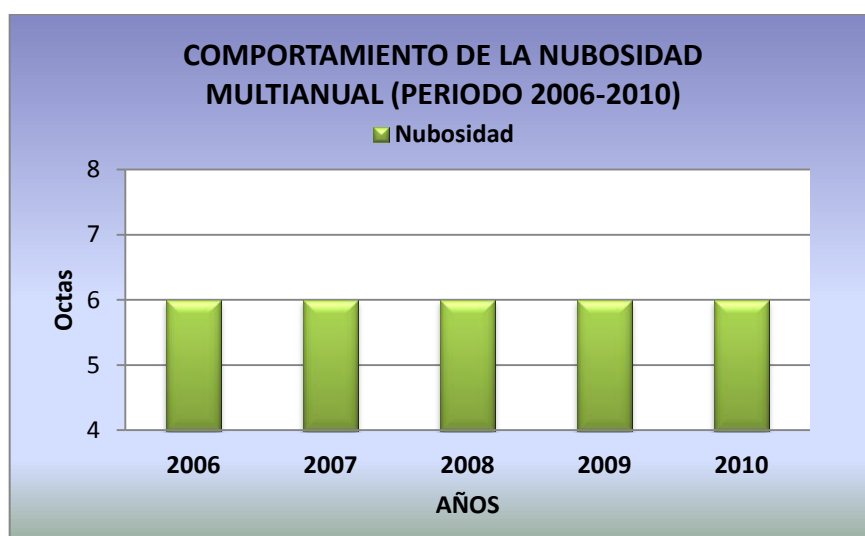
**Tabla 7** Valores promedios multianuales de nubosidad

Estación Meteorológica Rumipamba-Salcedo (M004)						
Años	2006	2007	2008	2009	2010	Promedio
Octas	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos - Estación Rumipamba – Salcedo - M004 (Periodo 2006-2010)

**Elaborado por:** Jennifer Chiquín

**Figura 9** Nubosidad



**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos - Estación Rumipamba – Salcedo M004 (Periodo 2006-2010)

**Elaborado por:** Jennifer Chiquín

## Viento

“Movimiento del aire con respecto a la superficie de la tierra. Las direcciones se toman de donde viene o procede el viento, las velocidades en metros por segundo.” (INAMHI, 2006, pág. 19)

De los datos obtenidos ha determinado la tendencia o frecuencia anual de la dirección del viento, para la zona y año 2008, ya que registran mayores datos

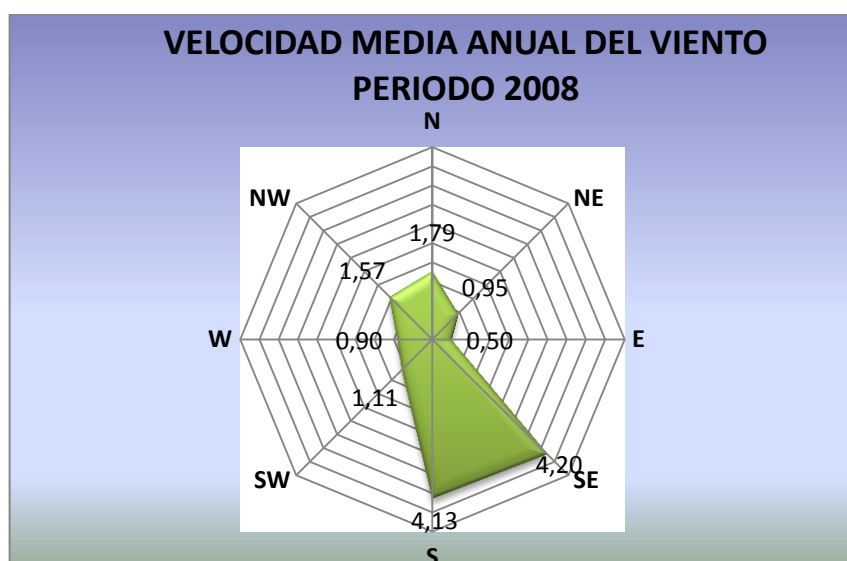
**Tabla 8** Dirección y velocidad del viento

Estación Meteorológica Rumipamba-Salcedo (M004)								
N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Promedio
1,79	0,95	0,50	4,20	4,13	1,11	0,90	1,57	4,46

**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos - Estación Rumipamba – Salcedo - M004 (Periodo 2008)

**Elaborado por:** Jennifer Chiquín

**Figura 10** Velocidad del viento



**Fuente:** INAMHI, Anuarios Meteorológicos - Estación Rumipamba – Salcedo M004 (Periodo 2008)

**Elaborado por:** Jennifer Chiquín

- **Recurso Suelo**

A continuación se describen aspectos importantes de los cantones de Latacunga y Saquisilí referentes a este recurso.

### **Topografía Cantón Saquisilí**

Las características topográficas del Cantón Saquisilí están determinadas por las inclinaciones y ondulaciones geográficas naturales, las que permite determinar los suelos aptos para la implementación de asentamientos urbanos desde el punto de vista topográfico de todo el área de estudio se parte de establecer una clasificación que considera los siguientes rangos de pendientes.

- 0- 5%;      denominada planicie
- >5-12%;   denominada ondulado
- >12-25%; denominada inclinado
- >25-50%   denominado escarpado
- >50-70%; denominado muy escarpado
- > De 70%; denominado precipitado

El Cantón Saquisilí presenta diferentes rangos de pendientes, predominando superficies escarpadas con el rango de > 25-50%, abarcando 6749,89 ha, que corresponden al 33,85% del total de la superficie cantonal, le sigue los terrenos inclinados con el rango de >12-25%, abarcan 5054,80 ha, que corresponden al 24,60% presentándose también pendientes mayores a 50% denominadas muy escarpadas y precipicio con 5659,21 ha, con el 27,54% del total de la superficie. Las pendientes leves presentes en el Cantón son de 1744,72 ha, que representan el 8,49% mientras que las pendientes onduladas presentes en el Cantón son de 1340,67 ha, que representan el 8,49% del total de la superficie cantonal. (ICAOTA, Consultora Territorial, 2011, págs. 54-55)

### **Topografía Cantón Latacunga**

Las características topográficas del Cantón Latacunga están determinadas por la intensa actividad volcánica a la que ha estado sometida la zona, los diversos episodios geológicos y los procesos erosivos que han actuado y actúan sobre los relieves pre-existentes, han modelado la forma de la topografía del cantón, determinando un paisaje fisiográfico dominante constituido por la presencia de terrazas estructurales.

Geomorfológicamente, se distinguen seis unidades de relieve:

- a) 0 a 5% denominada planicie, ocupan la mayor superficie dentro del territorio con 54489.96 hectáreas que corresponden al 39.33% del área central.
- b) entre 5 y 12% relieves altos de flanco interno de cordillera, cubriendo 17005,32 hectáreas que representan un 12,27% del cantón Latacunga.
- c) 12 a 25% zonas de colinas medianas, que presentan crestas redondeadas, cubren una extensión de 25584,75 hectáreas o el equivalente de 18,47% del territorio cantonal.
- d) 25 y 50% pendientes moderadamente escarpadas, cubren el 20.05% del área total del cantón, lo que significan 27771.30 hectáreas.
- e) 50 y 70% pendientes escarpadas de inclinación, cubren en total una extensión de 8528.13 hectáreas, que representa el 6.16% del cantón.

- f) Las zonas de pendientes muy escarpadas o abruptas que superan el 70%, cubren 5164.83 hectáreas que corresponde al 3.73% del territorio cantonal. (ICAOTA, Consultora Territorial, 2011, págs. 48-50)

### **Descripción del uso del suelo y cobertura vegetal Cantón Saquisilí**

En el Cantón Saquisilí se identifican diferentes tipos de cobertura vegetal y usos de suelo como son:

**Tabla 9** Categorías de uso de suelo y cobertura vegetal cantón Saquisilí

<b>Uso de Suelo</b>	<b>% que ocupa en el cantón</b>
Vegetación Arbustiva y Eucaliptico	0,47
Área Erosionada ( Bosque Pino)	0,70
Área Urbana	2,52
Pasto Natural/ Pantano	0,72
Agricultura Intensiva	1,04
Suelo Erosionado	3,57
Páramo	7,28
Cultivos en Suelos Erosionados	11,50
Pajonal	12,08
Páramo Intervenido	27,70
Cultivos	32,41

**Fuente:** SENPLADES-2008

### **Descripción del uso del suelo y cobertura vegetal Cantón Latacunga**

En el cantón Latacunga se han identificado once categorías generales de cobertura vegetal y formas de uso humano del suelo, denominadas como espacio natural y espacio agrario, respectivamente, que se resume en la siguiente tabla:

**Tabla 10** Categorías de uso de suelo y cobertura vegetal cantón Latacunga

Uso de Suelo	% que ocupa en el cantón
Bosque Natural	2,35
Bosque plantado	10,41
Cuerpos de agua natural	0,04
Cultivos de ciclo corto	37,11
Cultivos de invernadero	0,65
Nieve o hielo	0,57
Páramo	31,07
Pasto cultivado	14,62
Centros urbanos	2,06
Vegetación arbustiva	1,12

**Fuente:** Mapa de uso del suelo, Plan Estratégico Territorial de la Zona Sierra Central, PLANTEL, 2010

- **Recurso agua**

#### **Hidrología General Cantón Saquisilí**

El sistema hidrográfico en el que se encuentra la ciudad de Saquisilí es el río Pumacunchi, el cual drena un área de 369 Km<sup>2</sup> hasta la estación de Pumacunchi en Latacunga y un área de 260 Km<sup>2</sup> hasta la estación del río Pumacunchi en Saquisilí, guas arriba está la unión de los ríos Blanco y Negro que forman el río Pumacunchi.

La vertiente de Chalua que actualmente abastece de agua potable a la ciudad de Saquisilí está en la margen derecha del río Negro. (ICAOTA, Consultora Territorial, 2011, pág. 33)

#### **Hidrología General Cantón Latacunga**

La red hidrográfica más densa está relacionada con el Río Cutuchi, este río nace en una zona alta del páramo en el noreste de la provincia específicamente de las quebradas San Francisco, Tiopulrillo, Pucahuayco y Paraguasucho y en su recorrido hacia el sur recibe el aporte de ríos de la Cordillera Occidental como de la Cordillera Oriental, siendo estos los ríos: Cutzuelo, Saquimala, Alaquez, Pumacunchi, Illuchi, Patoa, Nagsiche y Cunuyacu. El Río Cutuchi más hacia el sur se relaciona con el Río Patate, este conforma el río principal

de la subcuenca hidrográfica a la cual forma parte el río Cutuchi. (ICAOTA, Consultora Territorial, 2011, pág. 36)

### **3.2.1.2 Medio Biótico**

#### **Chantilín, 11 de Noviembre y parroquia José Guango Bajo**

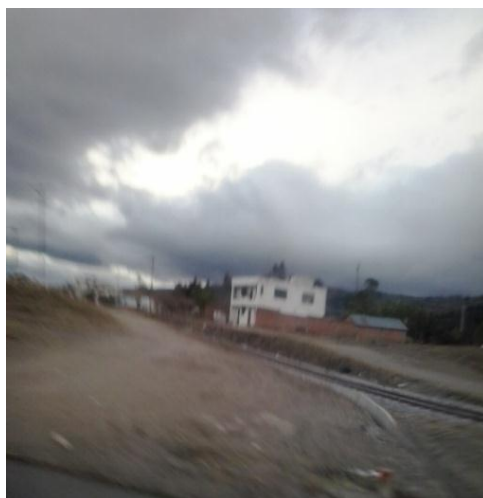
La descripción e identificación de los elementos que conforman el medio biótico de una zona, forma parte importante dentro de la línea base. Las poblaciones muestreadas se ubican en una zona rural, por lo que se observan especies principalmente ornamentales y pequeños remanentes de vegetación.

**Figura 11** Área con vegetación parroquia Chantilín



**Imagen:** Jennifer Chiquin

**Figura 12** Área con vegetación parroquia 11 de Noviembre



**Imagen:** Jennifer Chiquin



**Figura 13** Área con vegetación parroquia José Guango Bajo



**Imagen:** Jennifer Chiquin

### **3.2.1.3 Medio Socioeconómico**

- **Dimensión geográfica**

#### **Chantilín**

“La parroquia Chantilín se encuentra ubicada a un kilómetro y medio al este del cantón Saquisilí, a trece kilómetros y medio de la ciudad de Latacunga, limitada de la siguiente forma:” (ICAOTA, Consultora Territorial, 2011, pág. 20)

- ✓ NORTE: vía Saquisilí-Guaytacama
- ✓ SUR: río Pumacunchi
- ✓ ESTE: río Pumacunchi
- ✓ OESTE: vía Saquisilí que conduce a Latacunga.

**Figura 14** Ubicación de la parroquia Chantilín



**Fuente:** SIISE Sistema Integrado de Indicadores  
Sociales del Ecuador 2012

### **11 de Noviembre**

“La parroquia 11 de Noviembre se localiza en la zona Oeste de la ciudad de Latacunga, limitada de la siguiente forma:” (ICAOTA, Consultora Territorial, 2011, pág. 18)

- ✓ NORTE: parroquia Poaló
- ✓ SUR: parroquia Pujilí
- ✓ ESTE: parroquia Latacunga
- ✓ OESTE: parroquia La Victoria

**Figura 15** Ubicación de la parroquia 11 de Noviembre



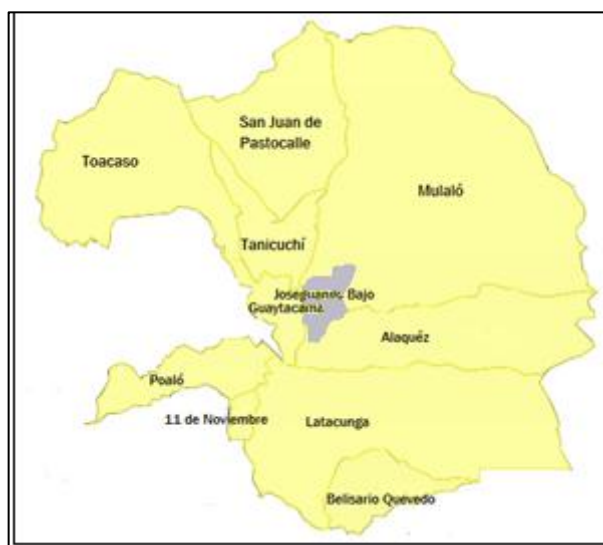
**Fuente:** SIISE Sistema Integrado de Indicadores  
Sociales del Ecuador 2012

### **José Guango Bajo**

“La parroquia se encuentra ubicada al norte del cantón Latacunga. Tiene aproximadamente 20 Km. cuadrados y cerca de 3 mil habitantes, limitada de la siguiente forma:” (ICAOTA, Consultora Territorial, 2011, pág. 22)

- ✓ NORTE: parroquia Mulalo
- ✓ SUR: parroquia Aláquez
- ✓ ESTE: parroquias de Mulalo y Aláquez
- ✓ OESTE: parroquias de Guaytacama y Tanicuchi

**Figura 16** Ubicación de la parroquia José Guango Bajo



**Fuente:** SIISE Sistema Integrado de Indicadores  
Sociales del Ecuador 2012

- **Población**

### **Composición General de Chantilín**

Según los datos del Censo de población y vivienda del año 2010, la población de la parroquia Chantilín es de 1035 ciudadanos.

La estructura poblacional de esta parroquia está formada de la siguiente manera:

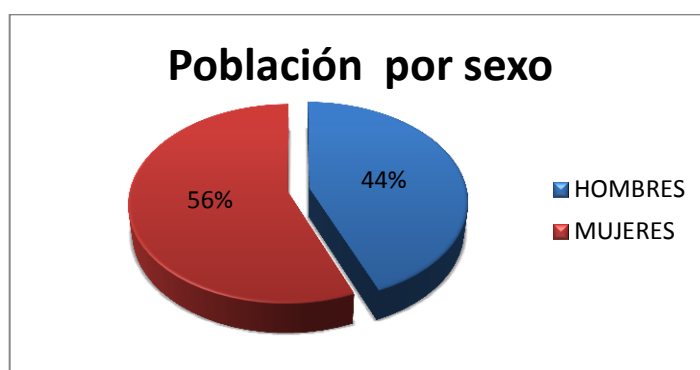
**Tabla 11** Población de la parroquia Chantilín

<b>GÉNERO</b>	<b>NÚMERO</b>	<b>PORCENTAJE</b>
<b>HOMBRES</b>	453	44 %
<b>MUJERES</b>	582	56 %
<b>TOTAL</b>	1035	100 %

**Fuente:** Censo de población y vivienda INEC 2010

**Elaborado por:** Jennifer Chiquin

**Figura 17** Distribución población de la parroquia Chantilín por sexo



**Fuente:** Censo de población y vivienda INEC 2010

**Elaborado por:** Jennifer Chiquin

### Composición General 11 de Noviembre

Según los datos del Censo de población y vivienda del año 2010, la población de la parroquia 11 de Noviembre es de 1988 ciudadanos, la estructura poblacional de esta parroquia está formada de la siguiente manera:

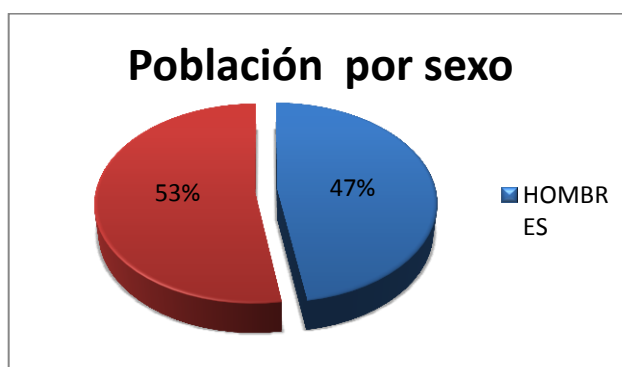
**Tabla 12** Población de la parroquia 11 de Noviembre

GÉNERO	NÚMERO	PORCENTAJE
HOMBRES	944	47 %
MUJERES	1044	53 %
TOTAL	1988	100 %

**Fuente:** Censo de población y vivienda INEC 2010

**Elaborado por:** Jennifer Chiquin

**Figura 18** Distribución población de la parroquia 11 de Noviembre por sexo



**Fuente:** Censo de población y vivienda INEC 2010

**Elaborado por:** Jennifer Chiquin

### Composición General José Guango Bajo

Según los datos del Censo de población y vivienda del año 2010, la población de la parroquia José Guango Bajo es de 2869 ciudadanos.

La estructura poblacional de esta parroquia está formada de la siguiente manera:

**Tabla 13** Población de la parroquia José Guango Bajo

GÉNERO	NÚMERO	PORCENTAJE
HOMBRES	1380	48 %
MUJERES	1489	52 %
TOTAL	2869	100 %

**Fuente:** Censo de población y vivienda INEC 2010

**Elaborado por:** Jennifer Chiquin

**Figura 19** Distribución población de la parroquia José Guango Bajo por sexo



**Fuente:** Censo de población y vivienda INEC 2010

**Elaborado por:** Jennifer Chiquin

- **Servicios básicos**

### Parroquias Chantilín, 11 de Noviembre y José Guango Bajo

#### Servicios Básicos

Las poblaciones de las parroquias José guango Bajo, 11 de Noviembre y Chantilín cuenta, porcentualmente, con los siguientes servicios básicos:

**Tabla 14** Servicio básicos

Servicio Público	José Guango Bajo	11 De Noviembre	Chantilín
	% Viviendas		
Servicio eléctrico	97.0	93.6	90.1
Servicio telefónico	31.4	26.0	32.5
Recolección de basura	50.9	20.2	48.0
Red de alcantarillado	22.9	0.5	56.7
Agua entubada	67.9	51.6	44.2

**Fuente:** SIISE Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador 2012

**Elaborado por:** Jennifer Chiquín

El índice de déficit de servicios residenciales básico para las parroquias José Guango Bajo, 11 de Noviembre y Chantilín es de 88.0, 99.8 y 84.1 respectivamente esto se debe, entre otras razones, por la falta de atención por parte de los gobiernos cantonales de la provincia a la cual pertenecen estas parroquias.

- **Dimensión económica**

#### **Condiciones del empleo**

Con el objeto de desarrollar un diagnóstico de las condiciones de empleo, conviene en primer lugar bosquejar una situación inicial, para lo cual citaremos los indicadores generales del empleo de las parroquias José Guango Bajo, 11 de Noviembre y Chantilín como son: Población en Edad de Trabajar (PET), Población Económicamente Activa (PEA), Tasa Bruta de Participación Laboral (TBPL) y la Tasa Global de Participación Laboral (TGPL); cuyos datos se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 15** Población económicamente activa

Indicadores	Parroquia		
	José Guango Bajo	11 De Noviembre	Chantilín
Población económicamente activa (PEA)	1.261	866	403
Población en edad de trabajar (PET)	2.241	1.643	745
Tasa bruta de participación laboral	44.0	43.6	38.9
Tasa global de participación laboral	56.3	52.7	54.1

**Fuente:** SIISE Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador 2012

**Elaborado por:** Jennifer Chiquín

- **Dimensión Humana**

### **Educación**

#### **Niveles analfabetismo y analfabetismo funcional e instrucción**

En términos generales, los índices de analfabetismo y analfabetismo funcional se pueden visualizar en el siguiente cuadro:

**Tabla 16** Niveles analfabetismo y analfabetismo funcional

<b>Índice</b>	<b>José Guango Bajo</b>	<b>11 De Noviembre</b>	<b>Chantilín</b>
Analfabetismo	8.7 %	4.3 %	17.9
Analfabetismo funcional	15.6 %	16.2 %	29.1

**Fuente:** SIISE Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador 2012

**Elaborado por:** Jennifer Chiquín

El nivel de instrucción que recibe y han recibido las poblaciones del sitio de interés es el siguiente:

**Tabla 17** Instrucción de la población

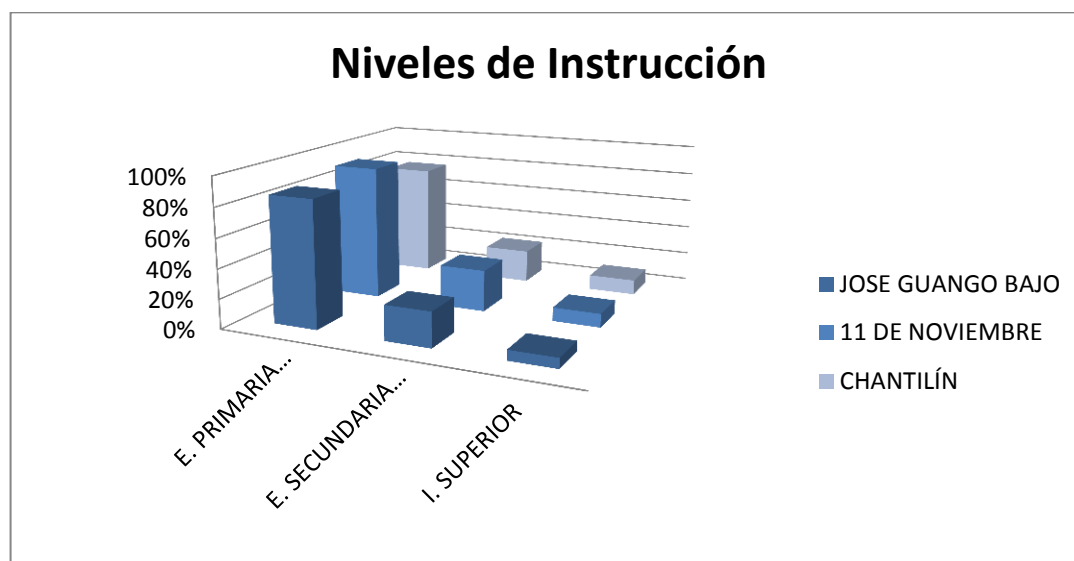
<b>Instrucción</b>	<b>José Guango Bajo</b>	<b>11 De Noviembre</b>	<b>Chantilín</b>
E. PRIMARIA COMPLETA	85.8 %	91.5 %	76.8%
E. SECUNDARIA COMPLETA	23.7 %	28.4 %	22.6%
I. SUPERIOR	6.9 %	9.3 %	10.2

**Fuente:** Censo de Población y Vivienda INEC 2010

**Elaborado por:** Jennifer Chiquin



**Figura 20** Nivel de instrucción



**Fuente:** Censo de Población y Vivienda INEC 2010

**Elaborado por:** Jennifer Chiquin

### 3.3 Descripción técnica de los métodos

Por razón del presente trabajo de investigación; “Tratamientos Biológicos de los Residuos Sólidos mediante el Compostaje en comunidades rurales de 1000, 2000 y 3000 habitantes. Evaluación del Impacto Ambiental”, me permitió consolidar los datos obtenidos dentro de cada comunidad tomada como muestra, para así poder determinar la generación per cápita de cada comunidad, su peso volumétrico y saber cuantitativamente que tipo de residuo generan con mayor proporción, datos que se tomaron como base y así poder proponer un diseño para el tratamiento biológico de los residuos sólidos en las comunidades rurales.

### 3.4 Caracterización de los residuos sólidos

Para realizar la caracterización de los residuos sólidos en comunidades rurales se realizó lo siguiente:

#### 3.4.1 PPC- definición del tamaño de la muestra

De acuerdo a la norma NMX-AA061-1985, se tomó como tamaño de premuestra 50 viviendas, conforme se observa en el siguiente cuadro.

**Tabla 18** Tamaño de la muestra

Riesgo( $\infty$ )	Tamaño de la muestra (n)
5%	115
10%	80
20%	50

**Fuente:** Norma NMX-AA061-1985

### 3.4.2 Encuesta y obtención de muestras

Al establecer el número de viviendas a visitar, inicia la fase de campo, con una entrevista con los habitantes de la vivienda seleccionada al azar, se explicó la razón del estudio y se solicitó la colaboración por el lapso de tiempo que durara el muestreo.

**Figura 21** Encuesta realizada a los habitantes



**Imagen:** Johanna Chiquin

Un dato clave fue averiguar la cantidad de personas que la habitan. El modelo de encuesta se muestra a continuación:

### Modelo de encuesta de PPC

#### Encuesta: cantidad y calidad de los desechos sólidos

Comunidad:.....

Muestra numero:.....

Fecha:.....

Encuestador:.....

1. Número de habitantes que ocupan la vivienda						
1	2	3	4	5	Numero	
2. Recipiente Utilizado						
Plástico	Metal	Cartón	Solo funda	Otro		
3. ¿Qué material de desecho arroja con más frecuencia a la basura?						
Orgánica	Papel	Cartón	Vidrio	Latas	Otros	
4. ¿Cuántas veces pasa el camión recolector por su casa semanalmente?						
Nunca	1 Vez	2 Veces	3 Veces	Mas		
5. ¿Califique el servicio de recolección actual?						
Bueno	Malo	Regular				
6. ¿Si el recolector no pasa por su casa, cómo dispone la basura?						
7. ¿Cómo clasificaría la limpieza del sector?						
Muy mala	Mala	Más o menos	Buena	Muy Buena		
¿Por qué?						
8. ¿Existe basurales por su casa?						
Si	No					
¿De qué tipo?						
Quebradas	Terrenos baldíos	Otros				
9. ¿Separa usted de alguna forma la basura?						
Si	No					

**Elaborado por:** Jennifer Chiquin

Se realizó el muestreo conforme el siguiente calendario.

**Tabla 19** Acciones a realizarse en el periodo de muestreo

Acciones a realizarse en el periodo de muestreo domiciliar					
Actividad	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
Entrevista y entrega de funda	X				
Eliminación de la Muestra		X			
Pesaje de la muestra y cuarteo			X	X	X

**Elaborado por:** Jennifer Chiquin

Como se observa, el día 2 se desecha la muestra, esto es con el fin de garantizar que la basura a pesarse desde el día siguiente corresponde a un solo día, por eso el pesaje comienza realmente desde el día 3, simultáneamente se entregó una funda plástica desde el día de la entrevista hasta el día 5 para que el usuario deposite ahí los residuos.

**Figura 22** Entrega de fundas plásticas a los habitantes



**Imagen:** Johanna Chiquin

**Figura 23** Recolección de residuos sólidos en la comunidad



**Imagen:** Johanna Chiquin

El valor pesado de la funda, se registró durante el periodo de muestreo y al final del mismo se obtuvo el promedio de la vivienda, que se lo divide para la cantidad de personas que habitan la vivienda, obteniendo el valor representativo de esa muestra en Kg/hab\*día. Para ello se utilizó una romanilla de 50kg, además se elaboró un registro de levantamiento de información del pesaje.

**Tabla 20** Formulario cuadro de levantamiento de información del pesaje

**Cantidad y calidad de los desechos sólidos**

**Comunidad:**.....

**Fecha:**.....

Muestra No	Hab	Peso (Kg)			
<b>Total</b>					

**Elaborado por:** Jennifer Chiquin

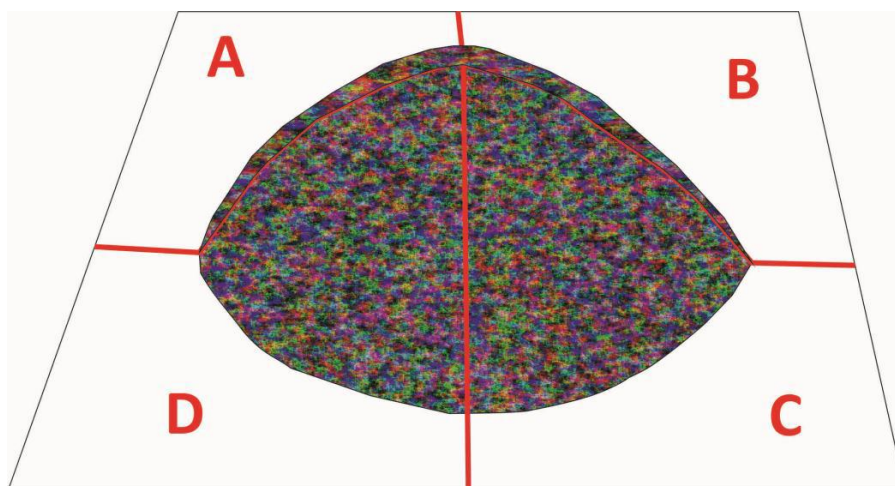
### 3.4.3 Método de cuarteo

Luego de que se realizó el pesaje de las fundas plásticas que contenían las muestras de las viviendas seleccionadas, se procedió a la realización del método de cuarteo, aplicando la norma NMX-AA015-1985.

Este método consiste básicamente en la preparación de las muestras para las restantes determinaciones a realizarse. Para esto la norma recomienda la utilización de un sitio bajo techo, con ventilación adecuada y piso con revestimiento, para evitar la contaminación de la muestra.

Una vez que las fundas fueron pesadas y registrado el valor en los formularios de campo, fueron transportadas al sitio del cuarteo, donde se les rompió y se mezcló los residuos, formando un montón homogenizado de los residuos sólidos. En esto se procede a separarlo en cuatro porciones. Con las porciones opuestas se determinó el peso volumétrico (porciones A y C) y la clasificación de subproductos (porciones B y D).

**Figura 24** Cuarteo de las muestras



**Elaborado por:** Jennifer Chiquin

**Figura 25** Realización del método de cuarteo



**Imagen:** Jennifer Chiquin

#### **3.4.4 Peso volumétrico**

El peso volumétrico de los residuos sólidos representa el peso de la basura por unidad de volumen y es un parámetro de mucha utilidad para conocer el volumen en base al peso y viceversa. Para esta determinación se utiliza la norma NMX-AA019-1985.

Como se detalla en la norma, para este fin se necesitó un recipiente de volumen conocido, para esta actividad se empleó un balde de 75 litros de capacidad donde son depositados los residuos sin compactarlos hasta el borde del recipiente, se debe golpear el recipiente contra el suelo, por tres veces desde una altura aproximada a 10 cm y nuevamente se lo vuelve a igualar, sin presionar el contenido del tanque. Finalmente se registra el peso del tanque con los residuos y vacío.

La fórmula de cálculo es:

$$P_v = P/V$$

Dónde:

Pv: Peso volumétrico “in situ” en Kg/m<sup>3</sup>.

P: Peso neto (peso total – peso del tanque) en Kg.

V: Volumen del recipiente en m<sup>3</sup>.



**Tabla 21** Formulario peso volumétrico

**Peso volumétrico de residuos sólidos**

**Responsable de la determinación:** .....

**Comunidad:** .....

**Capacidad del recipiente (A) m<sup>3</sup>** .....

**Tara del recipiente (B) Kg** .....

Fecha	No.	Peso Bruto (C)Kg	Peso Neto (D=C-B)Kg	Peso volumétrico de los residuos inorgánicos (D/A) Kg/m3
<b>Promedio</b>				

**Elaborado por:** Jennifer Chiquin

### 3.4.5 Clasificación de Subproductos

Esta metodología, basada en la norma NMX-AA022-1985 que cuantifica en peso los diferentes componentes de los residuos sólidos, para esto son las porciones seleccionadas en el método de cuarteo, ya mencionado. Se procede a realizar una clasificación manual de los subproductos o materiales presentes en la basura.

**Figura 26** Clasificación y pesaje de los subproductos



**Imagen:** Jennifer Chiquin



Una vez separados los materiales, se procede a pesarlos en una balanza o con la romanilla de 50 kg de capacidad, para proceder a calcular el porcentaje de participación de cada material en la muestra, para lo cual se usa la siguiente expresión:

$$Ps = Gs/G*100$$

Dónde:

Ps: Porcentaje del subproducto considerado.

Gs: Peso del subproducto considerado en Kg.

G: Peso total de la muestra.

**Tabla 22** Formulario para la cuantificación de subproductos

**Clasificación y cuantificación de subproductos de los residuos sólidos**

**Fecha:** .....

**Hora:** .....

**Comunidad:** .....

Subproducto	Peso total	
	Kg	%
Papel		
Cartón		
Compuestos		
Peligrosos(Pilas, Baterías, Medicamentos)		
Fundas Plásticas (Baja densidad)		
Botellas PET (1)		
Plástico de alta densidad (2)		
Polipropileno (5)		
Poliestireno (6)		
Inertes (Losa, Cerámica, Tierra)		
Orgánicos		
Electrónicos		
Textiles		
Metálicos		
Residuos de jardinería( pasto, hojas, ramas)		
Vidrio		
Otros		
<b>Total</b>		

**Elaborado por:** Jennifer Chiquin

### 3.5 Análisis e interpretación de resultados

#### 3.5.1 Parroquia Chantilín (1000 Habitantes)

##### 3.5.1.1 Resultados del estudio de generación per cápita

En función de los datos recopilados, en los registros de campo se obtuvo la producción per cápita total de la zona muestreada.

**Tabla 23** Generación per cápita

#### Generación per cápita

Número de habitantes: 156 (muestra)

Día	Peso total (Kg)	Habitantes	Generación per cápita total (Kg/hab*día)
1	55.6	156	0.36
2	43.98	156	0.28
3	52.13	156	0.33
<b>Promedio</b>	<b>50.57</b>	<b>156</b>	<b>0.32</b>

Elaborado por: Jennifer Chiquin

Los trabajos de campo realizados, mismo que se detallan en la descripción de las técnicas de los métodos, una vez procesados los valores obtenidos, en base a la metodología planteada; se considera que la PPC de la parroquia Chantilín es de 0,32 (Kg. /hab\*día)

**Tabla 24** Tasa per cápita y generación de residuos orgánicos para una población de 1000 habitantes

Día	Peso (Kg)	Habitantes	Generación per cápita (Kg/hab*día)	Número de habitantes total	Peso total (Kg/día)
1	26.5	156	<b>0.17</b>	1035	175.82
2	20	156	<b>0.13</b>	1035	132.69
3	24.69	156	<b>0.16</b>	1035	163.81
<b>Media</b>	<b>23.73</b>	<b>156</b>	<b>0.15</b>	<b>1035</b>	<b>157.44</b>

Elaborado por: Jennifer Chiquin

La producción per cápita de residuos orgánicos es de 0.15 entonces tomamos la población total de 1035 habitantes y nos da un promedio de generación de 157.44 kg/día.

### 3.5.1.2 Resultados del estudio de peso volumétrico de los residuos sólidos

**Tabla 25** Peso volumétrico

#### Peso volumétrico de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos

Responsable de la determinación: Jennifer Chiquin  
 Comunidad: Parroquia Chantilín  
 Capacidad del recipiente (A) m<sup>3</sup>: 0.075 m<sup>3</sup>  
 Tara del recipiente (B) Kg: 2Kg

Fecha	No.	Peso Bruto (C)Kg	Peso Neto (D=C-B)Kg	Peso volumétrico de los residuos inorgánicos (D/A) Kg/m3
10-07-2013	1	6	4	53.33
	2	7	5	66.67
	3	5	3	40.00
11-07-2013	1	5	3	40.00
	2	7	5	66.67
	3	4	2	26.67
12-07-2013	1	6	4	53.33
	2	7	5	66.67
	3	6	4	53.33
Promedio			35	51.85

Fecha	No.	Peso Bruto (C)Kg	Peso Neto (D=C-B)Kg	Peso volumétrico de los residuos orgánicos (D/A) Kg/m3
10-07-2013	1	16	14	186.67
11-07-2013	1	14.5	13	166.67
12-07-2013	1	16	14	186.67
Promedio			41	180.00

Elaborado por: Jennifer Chiquin

Como se puede observar del cuadro de peso volumétrico el promedio total de generación de residuos inorgánicos es de 51.85 kg/ m<sup>3</sup>, mientras que lo de los residuos orgánicos es de 180.00 kg/ m<sup>3</sup> durante los 3 días de caracterización.

### 3.5.1.3 Resultados del estudio de subproductos

Al igual que para la PPC, en el modelo matemático se han alimentado los valores obtenidos, representativos de tal forma que se generan reportes de los porcentajes generados para cada tipo de residuos.

**Tabla 26** Cuantificación de subproductos

#### Clasificación y cuantificación de subproductos de los residuos sólidos

**Fecha:** 10-11-12 de Julio del 2013

**Hora:** 10:00 am

**Comunidad:** Parroquia Chantilín

Subproducto	Peso total	
	Kg	%
Papel	5.7	10.08
Cartón	1	1.77
Compuestos	0	0.00
Peligrosos(Pilas, Baterías, Medicamentos)	0.4	0.71
Fundas Plásticas (Baja densidad)	5.6	9.91
Botellas PET (1)	1.2	2.12
Plástico de alta densidad (2)	1.52	2.69
Polipropileno (5)	0.51	0.90
Poliestireno (6)	1.2	2.12
Inertes (Losa, Cerámica, Tierra)	0	0.00
Orgánicos	27.8	49.18
Electrónicos	0	0.00
Textiles	1.6	2.83
Metálicos	0	0.00
Residuos de jardinería( pasto, hojas, ramas)	3	5.31
Vidrio	2.5	4.42
Otros	4.5	7.96
<b>Total</b>	<b>56.53</b>	<b>100.00</b>

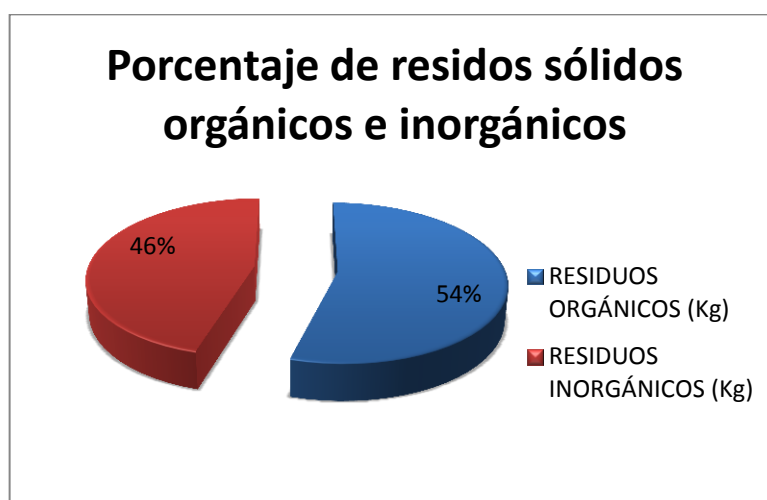
**Elaborado por:** Jennifer Chiquin

**Tabla 27** Porcentaje de residuos orgánicos e inorgánicos

	Peso (Kg)	%
Residuos Orgánicos (Kg)	30.8	54.48
Residuos Inorgánicos (Kg)	25.73	45.52
<b>Total</b>	<b>56.53</b>	<b>100</b>

**Elaborado por:** Jennifer Chiquin

**Figura 27** Porcentaje de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos



**Elaborado por:** Jennifer Chiquin

En la figura se resume, en cuanto al porcentaje de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos, con mayor porcentaje los residuos orgánicos con 54%, y los residuos inorgánicos con 46%.

### 3.5.2 Parroquia 11 de Noviembre (2000 Habitantes)

#### 3.5.2.1 Resultados del estudio de generación per cápita

En función de los datos recopilados, en los registros de campo se obtuvo la producción per cápita total de la zona muestrea.

**Tabla 28** Generación per cápita

**Generación per cápita**

**Número de habitantes: 140 (muestra)**

Día	Peso total (Kg)	Habitantes	Generación per cápita total (Kg/hab*día)
1	54.47	140	0.39
2	46.7	140	0.33
3	32.24	140	0.23
Promedio	44.47	140	0.32

**Elaborado por:** Jennifer Chiquin

Los trabajos de campo realizados, mismo que se detallan en la descripción de las técnicas de los métodos, una vez procesados los valores obtenidos, en base a la

metodología planteada; se considera que la PPC de la parroquia 11 de Noviembre es de 0,32 (Kg. /hab\*día).

**Tabla 29** Tasa per cápita y generación de residuos orgánicos para una población de 2000 habitantes

<b>Día</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Habitantes</b>	<b>Generación per cápita (Kg/hab*día)</b>	<b>Número de habitantes total</b>	<b>Peso total (Kg/día)</b>
1	25.23	140	<b>0.18</b>	1988	358.27
2	21.26	140	<b>0.15</b>	1988	301.89
3	13.89	140	<b>0.10</b>	1988	197.24
<b>Media</b>	<b>20.13</b>	<b>140</b>	<b>0.14</b>	<b>1988</b>	<b>285.80</b>

**Elaborado por:** Jennifer Chiquin

La producción perca pita de residuos orgánicos es de 0.14 entonces tomamos la población total de 1988 habitantes y nos da un promedio de generación de 285.80 kg/día.

### 3.5.2.2 Resultados del estudio de peso volumétrico de los residuos sólidos

**Tabla 30** Peso volumétrico

**Peso volumétrico de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos**

Responsable de la determinación: Jennifer Chiquin  
 Comunidad: Parroquia 11 de Noviembre  
 Capacidad del recipiente (A) m<sup>3</sup>: 0.075 m<sup>3</sup>  
 Tara del recipiente (B) Kg: 2Kg

Fecha	No.	Peso Bruto (C)Kg	Peso Neto (D=C-B)Kg	Peso volumétrico de los residuos inorgánicos (D/A) Kg/m <sup>3</sup>
17-07-2013	1	6	4	53.33
	2	7	5	66.67
	3	5	3	40.00
18-07-2013	1	7	5	66.67
	2	6.5	4.5	60.00
	3	4	2	26.67
19-07-2013	1	6	4	53.33
	2	5	3	40.00
Promedio			30.5	50.83

Fecha	No.	Peso Bruto (C)Kg	Peso Neto (D=C-B)Kg	Peso volumétrico de los residuos orgánicos (D/A) Kg/m <sup>3</sup>
17-07-2013	1	15	13	173.33
18-07-2013	1	13	11	146.67
19-07-2013	1	9	7	93.33
Promedio			31	137.78

Elaborado por: Jennifer Chiquin

Como se puede observar del cuadro de peso volumétrico el promedio total de generación de residuos inorgánicos es de 50.83 kg/ m<sup>3</sup>, mientras que lo de los residuos orgánicos es de 137.78 kg/ m<sup>3</sup> durante los 3 días de caracterización.

### 3.5.2.3 Resultados del estudio de subproductos

Al igual que para la PPC, en el modelo matemático se han alimentado los valores obtenidos, representativos de tal forma que se generan reportes de los porcentajes generados para cada tipo de residuos.

**Tabla 31** Cuantificación de subproductos

#### Clasificación y cuantificación de subproductos de los residuos sólidos

**Fecha:** 17-18-19 de Julio del 2013  
**Hora:** 9:00 am  
**Comunidad:** Parroquia 11 de Noviembre

Subproducto	Peso total	
	Kg	%
Papel	5.06	8.93
Cartón	2.2	3.88
Compuestos	0.3	0.53
Peligrosos(Pilas, Baterías, Medicamentos)	0.4	0.71
Fundas Plásticas (Baja densidad)	4.42	7.80
Botellas PET (1)	2.13	3.76
Plástico de alta densidad (2)	2	3.53
Polipropileno (5)	0.8	1.41
Poliestireno (6)	0.8	1.41
Inertes (Losa, Cerámica, Tierra)	1	1.76
Orgánicos	26.7	47.12
Electrónicos	0	0.00
Textiles	0.56	0.99
Metálicos	0	0.00
Residuos de jardinería( pasto, hojas, ramas)	2.2	3.88
Vidrio	3.9	6.88
Otros	4.19	7.39
<b>Total</b>	<b>56.66</b>	<b>100.00</b>

**Elaborado por:** Jennifer Chiquin

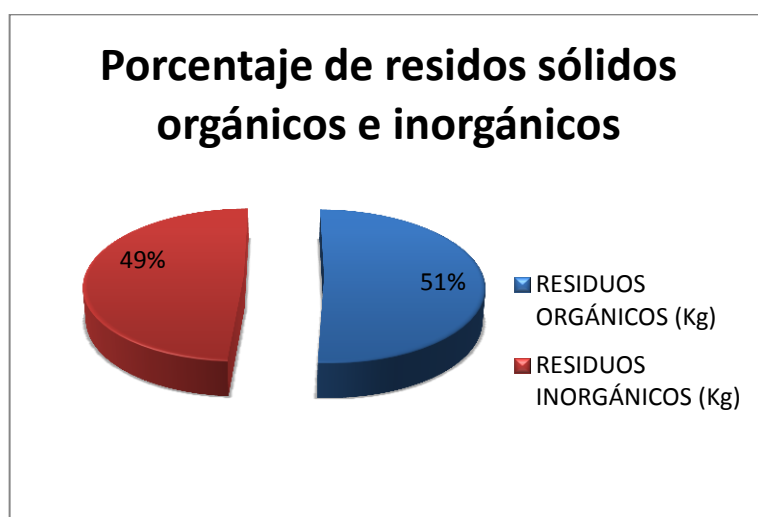
**Tabla 32** Porcentaje de residuos orgánicos e inorgánicos

	Peso (Kg)	%
Residuos Orgánicos (Kg)	28.9	51.01
Residuos Inorgánicos (Kg)	27.76	48.99
<b>Total</b>	<b>56.66</b>	<b>100.0</b>

**Elaborado por:** Jennifer Chiquin



**Figura 28** Porcentaje de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos



Elaborado por: Jennifer Chiquin

En la figura se resume, en cuanto al porcentaje de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos, con mayor porcentaje los residuos orgánicos con 51%, y los residuos inorgánicos con 49%,

### 3.5.3 Parroquia José Guango Bajo (3000 Habitantes)

#### 3.5.3.1 Resultados del estudio de generación per cápita

En función de los datos recopilados, en los registros de campo se obtuvo la producción per cápita total de la zona muestrea

**Tabla 33** Generación per cápita

#### Generación per cápita

Número de habitantes: 160 (muestra)

Día	Peso total (Kg)	Habitantes	Generación per cápita total (Kg/hab*día)
1	55.74	160	0.35
2	44.05	160	0.28
3	31.64	160	0.20
<b>Promedio</b>	<b>43.81</b>	<b>160</b>	<b>0.27</b>

Elaborado por: Jennifer Chiquin

Los trabajos de campo realizados, mismo que se detallan en la descripción de las técnicas de los métodos, una vez procesados los valores obtenidos, en base a la metodología planteada; se considera que la PPC de la parroquia José Guango Bajo es de 0,33 (Kg. /hab\*día)

**Tabla 34** Tasa per cápita y generación de residuos orgánicos para una población de 3000 habitantes

<b>Día</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Habitantes</b>	<b>Generación per cápita (Kg/hab*día)</b>	<b>Número de habitantes total</b>	<b>Peso total (Kg/día)</b>
3	27.48	160	<b>0.17</b>	2869	492.75
4	21.4	160	<b>0.13</b>	2869	383.73
5	14.67	160	<b>0.09</b>	2869	263.05
<b>Media</b>	<b>23.18</b>	<b>160</b>	<b>0.13</b>	<b>2869</b>	<b>379.84</b>

**Elaborado por:** Jennifer Chiquin

La producción per cápita de residuos orgánicos es de 0.13 entonces tomamos la población total de 2869 habitantes y nos da un promedio de generación de 379.84 kg/día.

### 3.5.3.2 Resultados del estudio de peso volumétrico de los residuos sólidos

**Tabla 35** Formulario peso volumétrico

**Peso volumétrico de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos**

**Responsable de la determinación:** Jennifer Chiquin  
**Comunidad:** Parroquia José Guango Bajo  
**Capacidad del recipiente (A) m<sup>3</sup>** 0.075 m<sup>3</sup>  
**Tara del recipiente (B) Kg** 2Kg

Fecha	No.	Peso Bruto (C)Kg	Peso Neto (D=C-B)Kg	Peso volumétrico de los residuos inorgánicos (D/A) Kg/m <sup>3</sup>
24-07-2013	1	6	4	53.33
	2	7	5	66.67
	3	6	4	53.33
25-07-2013	1	6	4	53.33
	2	6	4	53.33
	3	5	3	40.00
26-07-2013	1	5	3	40.00
	2	6	4	53.33
<b>Promedio</b>			<b>31</b>	<b>51.67</b>

Fecha	No.	Peso Bruto (C)Kg	Peso Neto (D=C-B)Kg	Peso volumétrico de los residuos orgánicos (D/A) Kg/m <sup>3</sup>
24-07-2013	1	16	14	186.67
25-07-2013	1	13	11	146.67
26-07-2013	1	10	8	106.67
<b>Promedio</b>			<b>33</b>	<b>146.67</b>

**Elaborado por:** Jennifer Chiquin

Como se puede observar del cuadro de peso volumétrico el promedio total de generación de residuos inorgánicos es de 51.67 kg/ m<sup>3</sup>, mientras que lo de los residuos orgánicos es de 146.67 kg/ m<sup>3</sup> durante los 3 días de caracterización.

### 3.5.3.3 Resultados del estudio de subproductos

Al igual que para la PPC, en el modelo matemático se han alimentado los valores obtenidos, representativos de tal forma que se generan reportes de los porcentajes generados para cada tipo de residuos.

**Tabla 36** Cuantificación de subproductos

#### Clasificación y cuantificación de subproductos de los residuos sólidos

**Fecha:** 24-25-26 de Julio del 2013  
**Hora:** 9:30 am  
**Comunidad:** Parroquia José Guango Bajo

Subproducto	Peso total	
	Kg	%
Papel	4.3	7.32
Cartón	2.1	3.57
Compuestos	0.6	1.02
Peligrosos(Pilas, Baterías, Medicamentos)	0.5	0.85
Fundas Plásticas (Baja densidad)	3.8	6.47
Botellas PET (1)	2.7	4.59
Plástico de alta densidad (2)	2.4	4.08
Polipropileno (5)	1.2	2.04
Poliestireno (6)	1.34	2.28
Inertes (Losa, Cerámica, Tierra)	0.56	0.95
Orgánicos	28.77	48.95
Electrónicos	0	0.00
Textiles	2	3.40
Metálicos	0	0.00
Residuos de jardinería( pasto, hojas, ramas)	2	3.40
Vidrio	2.7	4.59
Otros	3.8	6.47
<b>Total</b>	<b>58.77</b>	<b>100</b>

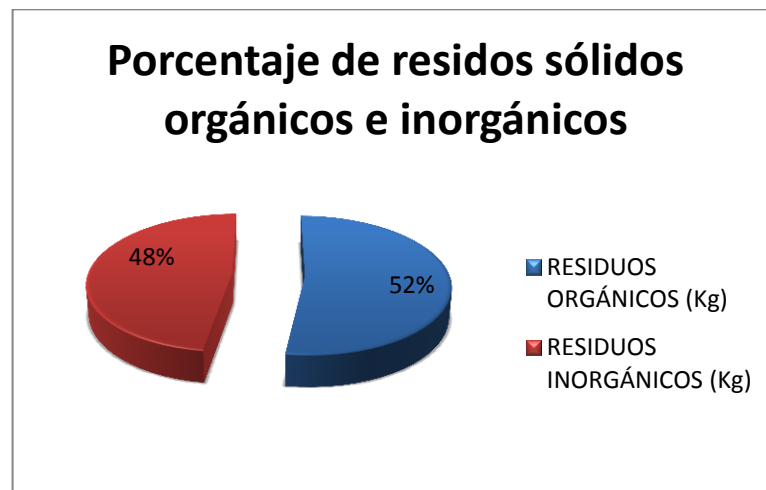
**Elaborado por:** Jennifer Chiquin

**Tabla 37** Porcentaje de residuos orgánicos e inorgánicos

	Peso (Kg)	%
Residuos Orgánicos (Kg)	30.77	52.36
Residuos Inorgánicos (Kg)	28	47.64
<b>Total</b>	<b>58.77</b>	<b>100</b>

**Elaborado por:** Jennifer Chiquin

**Figura 29** Porcentaje de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos



**Elaborado por:** Jennifer Chiquin

En la figura se resume, en cuanto al porcentaje de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos, con mayor porcentaje los residuos orgánicos con 52%, y los residuos inorgánicos con 48%.

## **CAPÍTULO 4**

### **PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMPOSTAJE**

#### **4.1 Introducción**

Mediante los datos obtenidos en la caracterización de residuos sólidos en comunidades rurales de 1000, 2000 y 3000 habitantes se pudo determinar que generan una cantidad adecuada de residuos orgánicos para ser tratados mediante el compostaje.

Además este proyecto beneficiaría de una manera directa a las comunidades, ya que el subproducto que se obtiene puede ser comercializado, o donado para agricultores del sector ayudando así en el acondicionamiento del suelo.

#### **4.2 Objetivos**

##### **4.2.1 Objetivo general**

- ✓ Establecer una propuesta para el diseño de una compostera en comunidades rurales de 1000, 2000 y 3000 habitantes.

##### **4.2.2 Objetivo específico**

- ✓ Diseñar mecanismos de almacenamiento temporal, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos en las comunidades rurales de 1000, 2000 y 3000 habitantes.

#### **4.3 Justificación**

La situación de los residuos sólidos en las comunidades rurales, son poco aceptables debido a la falta de servicios de recolección de basura, perjudicando la salud de los pobladores y aumentando el deterioro del ambiente.

Frente a esta realidad la mejor alternativa es aplicar como tratamiento biológico de residuos sólidos el compostaje.

Además el diseño permitirá cambios significativos en las comunidades que propiciarían la adaptación de procesos y mecanismos que permitan responder de manera efectiva y contextualizada el manejo de desechos sólidos.

#### **4.4 Propuesta**

La generación de residuos sólidos y su posterior disposición son de gran importancia y cuidado debido a los posibles problemas que pueden surgir de un inadecuado manejo, por esta razón se presenta el compostaje aerobio como una alternativa para el tratamiento biológico de residuos orgánicos generados en las comunidades rurales.

#### **4.5 Dimensiones y diseño de la planta de compostaje para 1000, 2000 y 3000 habitantes**

##### **4.5.1 Tiempo de compostaje**

Se tomara como tiempo de compostaje el transcurrido desde la conformación de una pila hasta la obtención de Compost estable.

“Este tiempo variara de acuerdo a los parámetros a controlar entre estos la temperatura, pH, volteos, aireación, humedad y de algunas características del material a compostar como el tamaño de la partícula.” (Boyer, 2001, pág. 154)

Este tiempo puede variar de 45 a 60 días de acuerdo al control, para nuestro caso tomaremos el de mayor duración evitando así retenciones por tiempo.

##### **4.5.2 Diseño de la pila**

###### **Parroquia Chantilín (muestreo de 1000 habitantes)**

La parroquia Chantilín genera aproximadamente 157.44 Kg/día de residuos orgánicos, con un peso volumétrico de 180.00 Kg/m<sup>3</sup>.

Por lo tanto:

**Tabla 38** Peso y volumen de residuos orgánicos para 1000 habitantes

Peso volumétrico = 0.18 (ton/m <sup>3</sup> )	día	Semana	Quincena	Mes
Peso (ton)	0.157	1.099	2.355	4.71
Volumen (m <sup>3</sup> )	0.87	6.09	13.05	26.1

Elaborado por: Jennifer Chiquin

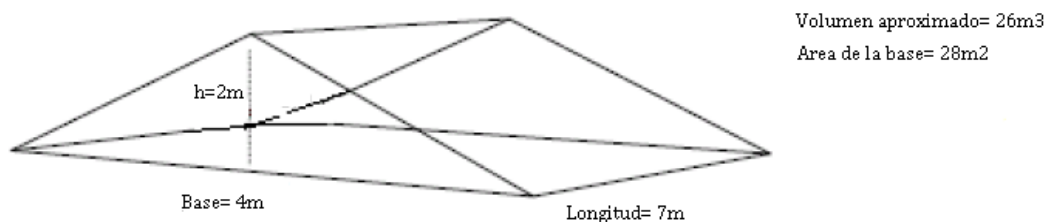
Entonces consideramos como unidad de compostaje, una masa de 4.71 ton/mensuales y un volumen de 26.1 m<sup>3</sup>/mes.

Como regla general se tomara como altura la mitad de la base. Lo que nos permitirá obtener una buena relación Superficie/ Volumen.

Las dimensiones de la pila serán las siguientes: Base = 4 m Altura = 2 m, lo que da un volumen de 4 m<sup>3</sup> por metro lineal. En Chantilín el volumen mensual de residuos orgánicos será: 26.01 m<sup>3</sup> y la capacidad de carga de la pila diseñada es de 4 m<sup>3</sup> por metro lineal. El cociente entre estos dos volúmenes nos dará la longitud de la Unidad de Compostaje:

$$26.01 \text{ m}^3 / 4 \text{ m}^3 = 6.5 = 7\text{m}$$

La unidad de compostaje tendrá entonces los siguientes valores:



Entonces el área necesaria para la instalación de las 3 pilas es de 28 m<sup>2</sup> x 3 = 84 m<sup>2</sup>.

### Parroquia 11 de Noviembre (muestreo de 2000 habitantes)

La parroquia 11 de Noviembre genera aproximadamente 285.80 Kg/día de residuos orgánicos, con un peso volumétrico de 137.78 Kg/m<sup>3</sup>.



Por lo tanto:

**Tabla 39** Peso y volumen de residuos orgánicos para 2000 habitantes

Peso volumétrico = 0.14 (ton/m <sup>3</sup> )	día	Semana	Quincena	Mes
Peso (ton)	0.285	1.995	4.275	8.55
Volumen (m <sup>3</sup> )	2.036	14.252	30.54	61.08

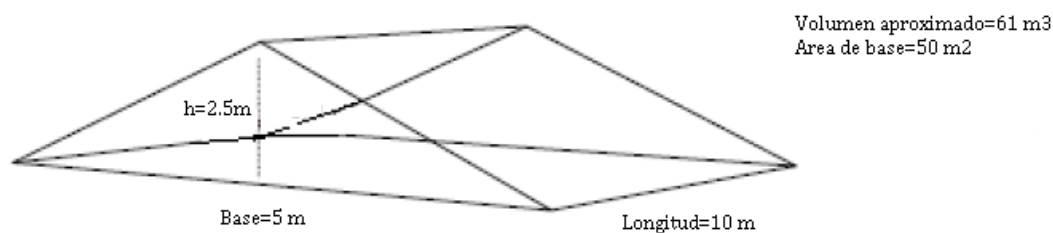
Elaborado por: Jennifer Chiquin

Entonces consideramos como unidad de compostaje, una masa de 8.55 ton/mes y un volumen de 61.08 m<sup>3</sup>/mes

Las dimensiones de la pila serán las siguientes: Base = 5 m Altura = 2.5 m, lo que da un volumen de 6.25m<sup>3</sup> por metro lineal. En 11 de Noviembre el volumen mensual de residuos orgánicos será: 61.08 m<sup>3</sup> y la capacidad de carga de la pila diseñada es de 6.25 m<sup>3</sup> por metro lineal. El cociente entre estos dos volúmenes nos dará la longitud de la Unidad de Compostaje:

$$61.08 \text{ m}^3 / 6.25 \text{ m}^3 = 9.77 = 10\text{m}$$

La unidad de compostaje tendrá entonces los siguientes valores:



El área necesaria para la instalación de las 3 pilas es de  $50 \text{ m}^2 \times 3 = 150 \text{ m}^2$ .

### Parroquia José Guango Bajo (muestreo de 3000 habitantes)

La parroquia José Guango Bajo genera aproximadamente 379.84 Kg/día de residuos orgánicos, con un peso volumétrico de 146.67 Kg/m<sup>3</sup>.

Por lo tanto:

**Tabla 40** Peso y volumen de residuos orgánicos para 3000 habitantes

Peso volumétrico = 0.15 (ton/m <sup>3</sup> )	día	Semana	Quincena	Mes
Peso (ton)	0.380	2.66	5.7	11.4
Volumen (m <sup>3</sup> )	2.533	17.73	38	76

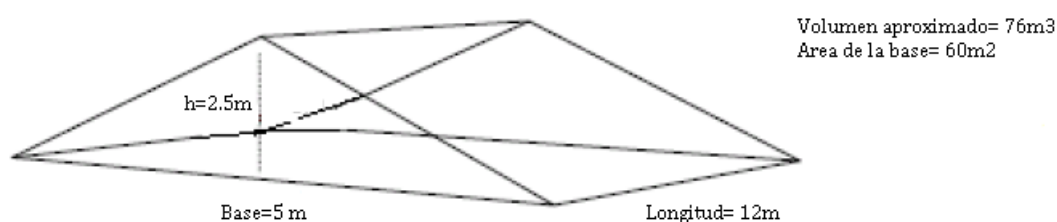
Elaborado por: Jennifer Chiquin

Entonces consideramos como unidad de compostaje, una masa de 11.4 ton/mes y un volumen de 76 m<sup>3</sup>/mes

Las dimensiones de la pila serán las siguientes: Base = 5 m Altura = 2.5 m, lo que da un volumen de 6.25 m<sup>3</sup> por metro lineal. En José Guango Bajo el volumen mensual de residuos orgánicos será: 76 m<sup>3</sup> y la capacidad de carga de la pila diseñada es de 6.25 m<sup>3</sup> por metro lineal. El cociente entre estos dos volúmenes nos dará la longitud de la Unidad de Compostaje:

$$76 \text{ m}^3 / 6.25 \text{ m}^3 = 12.16 \text{ m} = 12 \text{ m}$$

La unidad de compostaje tendrá entonces los siguientes valores:



El área necesaria para la instalación de las 3 pilas es de  $60 \text{ m}^2 \times 3 = 180 \text{ m}^2$ .

Nota: Hay que tomar en cuenta que al finalizar el tiempo de compostaje de la primera pila conformada, el compostaje será retirado y el espacio queda disponible para recibir una nueva pila, estableciendo un ciclo productivo mensual.

#### **4.6 Descripción del diseño de la planta de compostaje**

La planta de compostaje contara con la siguiente estructura

- ✓ Área para la recepción de la carga y separación manual
- ✓ Plataforma de secado y triturado
- ✓ Formación de la pila
- ✓ Refinado de compost (tamizado)
- ✓ Ensacado
- ✓ Almacenamiento y carga del compost
- ✓ Área administrativa
- ✓ Vestidores

##### **4.6.1 Área para la recepción de la carga y separación manual**

El carro con los residuos pasara a la zona de descargue, que estará conformada por una tolva impermeabilizada, donde se realizara la operación de descarga y pesaje.

Además en este mismo sitio, si se recibe residuos no seleccionados previamente en el origen. Se realizará un proceso de selección a fin de separar plástico, cartón, papel, vidrio etc. y dejar únicamente la fracción orgánica.

La fracción de residuos inorgánicos que se obtenga durante la selección será almacenada para posteriormente ser entregados a un Gestor Ambiental.

##### **4.6.2 Plataforma de secado y triturado**

Será construida aproximadamente a 20 cm del nivel del suelo para evitar cualquier tipo de impacto, en esta plataforma se deshidrataran los residuos antes de pasar a la conformación de las pilas de compost.

Posteriormente se disminuirá el tamaño de los residuos a través de la trituración de estos con el fin de no detener el proceso de biodegradación y tratar que el tiempo de compostaje sea el más óptimo.

Todo el material deberá ser pesado con el fin de conformar las pilas con las dimensiones establecidas de acuerdo a la comunidad y cantidad de residuo orgánico que se obtiene.

#### **4.6.3 Formación de la pila**

Construirá planchas de concreto, con una pequeña pendiente y una fosa para la captación del lixiviado.

El material a compostar se dispondrá en forma de pilas.

#### **4.6.4 Refino de compost, tamizado**

Finalizado el proceso de maduración, el compost pasara al área del refino donde se realizará la limpieza de impurezas que pueden quedar como piedras, fragmentos de vidrio, trozos de plástico etc., o restos de residuos vegetales más gruesos los mismos que se volverán a introducir al inicio del proceso de compostaje, este proceso se lo realiza para considerar la homogenización final.

El material será pasado por un tamiz donde se obtendrá un abono fino con granulometría ideal para la aplicación en parques, jardines y cultivos.

#### **4.6.5 Ensacado**

Esto se lo realizara de forma manual con apoyo de herramientas simples como palas y rastrillos, donde un operario se encargara del llenado de los sacos y el segundo de coser los mismos.

#### **4.6.6 Almacenamiento y carga del compost**

El compost final obtenido se almacenara hasta el momento de su venta o aplicación a terrenos de la comunidad.

#### **4.6.7 Área administrativa**

Se establecerá la presente área con el objetivo de llevar un control diario de ingresos de residuos sólidos, y despacho del subproducto generado (Compost)

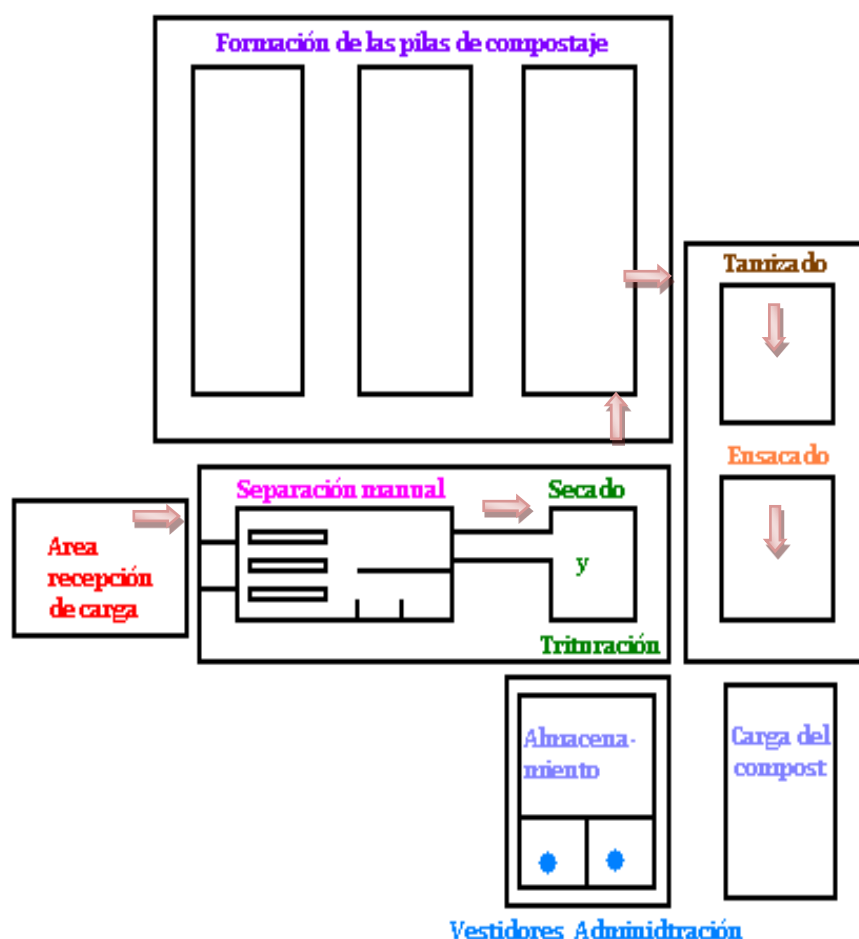
#### 4.6.8 Vestidores

Se implementara un área de vestidores con el fin de que los trabajadores antes y después de la jornada de trabajo mantengan un sitio apto para poder equiparse adecuadamente además este sitio mantendrá ducha par el asea del personal.

NOTA: El sistema de compostaje se deberá realizar bajo techo pero a su vez que no impida el ingreso del viento, se recomienda hacer una construcción ligera abierta a los cuatro lados, además el techo se puede cubrir con materiales naturales de construcción para evitar así una contaminación paisajística, el techo servirá para evitar en caso de lluvia un aumento de la humedad de las pilas de compostaje.

#### 4.6.9 Diseño y operación de la planta

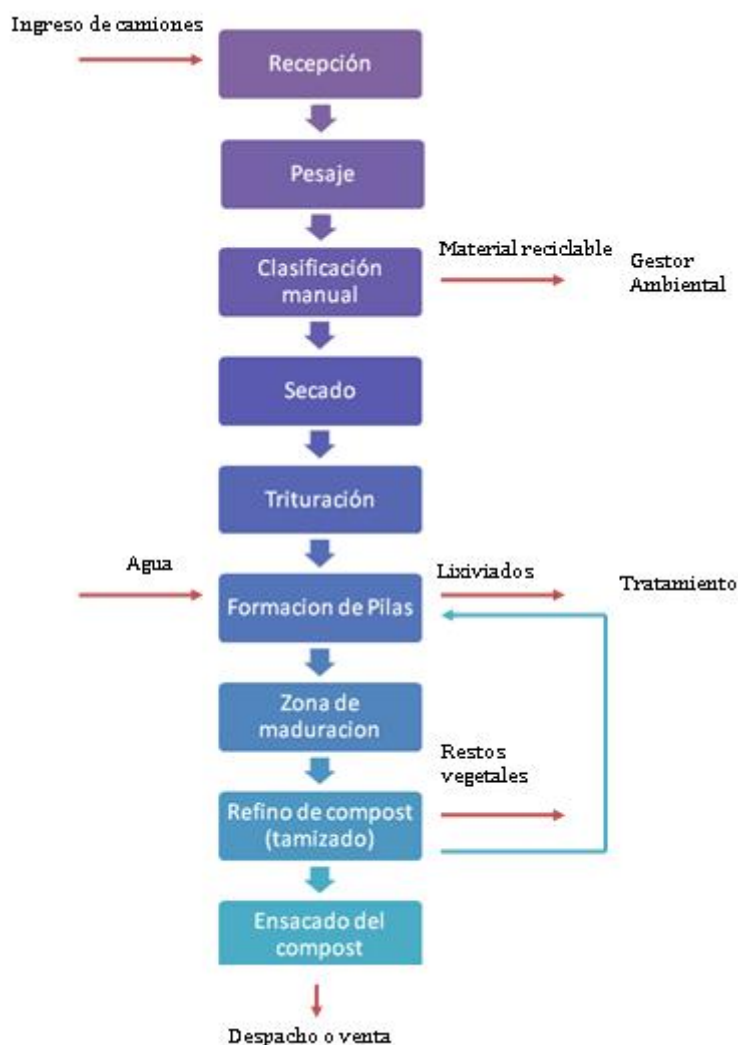
**Figura 30** Diseño y operación de la planta de compostaje



Elaborado por: Jennifer Chiquin

#### 4.6.10 Diagrama de flujo de la planta de compostaje

Figura 31 Diagrama de flujo de la planta de compostaje



Elaborado por: Jennifer Chiquin

#### 4.7 Manejo del sistema de compostaje

Únicamente cuando se tenga la cantidad adecuada y calculada para la conformación de la pila esta será conformada una vez formada no se deberá añadir material nuevo.

##### 4.7.1 Aireación y homogenización de la masa de compostaje

“Se realizará el volteo dos veces por semana con el fin de que el material perteneciente al núcleo de compostaje pase a formar parte de la corteza y éste del núcleo.” (Boyer, 2001, pág. 159)

#### **4.7.2 Riego**

El riego se determinara dependiendo de la humedad del tratamiento, a menudo se lo puedo realizar dos veces por semana conjuntamente con el volteo. Este se lo realizara por aspersión para no producir cambios bruscos de temperatura

Pero hay que tener en cuenta que se necesita una humedad entre 40 - 60 % (contenido de agua del material) para asegurar una biodegradación óptima. Si es demasiado seco el material, se para el proceso de biodegradación; si es demasiado húmedo, se transforma el proceso en putrefacción anaeróbica incontrolada. (Boyer, 2001, pág. 159)

#### **4.7.3 Control de la Temperatura y pH**

“Antes del volteo se revisara la temperatura y el pH, la temperatura debe ser tomada en el núcleo de la pila. Se recomienda tomar la temperatura en dos puntos equidistantes y tomar el valor promedio aritmético entre los dos puntos.” (Boyer, 2001, pág. 159)

#### **4.7.4 Control de Humedad**

Para el control del contenido de humedad, puede aplicar el siguiente procedimiento empírico:

1. Tomar con la mano una muestra de material.
2. Cerrar la mano y apretar fuertemente el mismo.
3. Si con esta operación verifica que sale un hilo de agua continuo del material, entonces podemos establecer que el material contiene más de un 40% de humedad.
4. Si no se produce un hilo continuo de agua y el material gotea intermitentemente, podemos establecer que su contenido en humedad es cercano al 40%.
5. Sin el material no gotea y al abrir el puño de la mano permanece moldeado, se estima que la humedad se presenta entre un 20 a 30 %

6. Finalmente si al abrir el puño y el material se disgrega, se asume que el material contienen una humedad inferior al 20 %. (Jaramillo & Zapata, 2008, pág. 43)

#### **4.7.5 Control de olores**

En la fase de descomposición o cada vez que se realice el proceso de aireación o movimiento de la pila se tendrán emisiones de olores para ello se pueden cubrir las pilas de material con pasto o con una capa fina de abono listo de la fracción gruesa, estos materiales sirven como filtro biológico y pueden añadirse al material a compostar cuándo se termine su vida útil. (Boyer, 2001, pág. 159)

#### **4.7.6 Compost final**

Las características que especifican un material descompuesto son:

Granulometría adecuada, grano fino.

Color marrón oscuro

Olor agradable a tierra

Con estos parámetros se determina el compost obtenido



## **CAPÍTULO 5**

### **EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL (EIA)**

#### **5.1 Introducción**

La EIA es un instrumento de gestión que permite que las políticas ambientales puedan ser cumplidas y, más aún, que ellas se incorporen tempranamente en el proceso de desarrollo y de toma de decisiones. Por ende, evalúa y permite corregir las acciones humanas y evitar, mitigar o compensar sus eventuales impactos ambientales negativos, actuando de manera preventiva en el proceso de gestión. (Espinoza, 2002, pág. 32)

#### **5.2 Descripción del proyecto**

El presente proyecto puede ser implementado en comunidades rurales de 1000, 2000 y 3000 habitantes para el aprovechamiento de los residuos sólidos con la finalidad de incrementar las posibilidades productivas de las personas que viven en dichas comunidades.

Descripción

1. Ingreso y recepción de los desechos sólidos
2. Clasificación manual
3. Secado y trituración de los desechos
4. Almacenamiento de los desechos recuperables
5. Despacho del material reciclable
6. Conformación de la pila de compostaje
7. Refino y tamizado del compostaje
8. Ensacado del producto final del proceso de compostaje
9. Almacenamiento
10. Carga y distribución

### **5.3 Identificación de potenciales impactos ambientales**

Para la evaluación de los potenciales impactos ambientales que se produzcan en el área de influencia de la planta de compostaje, se ha desarrollado un proceso de identificación de los principales aspectos que producirían impactos ambientales, mediante la utilización de una matriz causa – efecto de identificación, en donde su análisis según filas coincide con los factores ambientales que caracterizan el entorno, y su análisis según columnas corresponde a las acciones de las distintas etapas.

#### **5.3.1 Factores ambientales a ser evaluados**

Se ha seleccionado un número apropiado de características ambientales según subcomponentes ambientales.

##### **Medio Físico**

- ✓ Calidad del aire
- ✓ Nivel Sonoro
- ✓ Calidad de suelos

##### **Medio Biótico**

- ✓ Flora terrestre
- ✓ Fauna terrestre

##### **Medio Socioeconómico**

- ✓ Población
- ✓ Salud
- ✓ Empleo
- ✓ Calidad de vida
- ✓ Servicios
- ✓ Vías
- ✓ Valor del suelo
- ✓ Paisaje

### **5.3.2 Acciones ambientales a ser evaluadas**

Para la realización de la Evaluación de Impacto Ambiental, de la planta de compostaje, se ha identificado una etapa: Operación

Esta etapa contiene actividades (acciones), las mismas que servirán para realizar la identificación de impactos.

#### **Acciones consideradas durante la fase de operación**

- ✓ Incremento del movimiento vehicular en los carros de acceso a la planta de compostaje.
- ✓ Disposición de residuos
- ✓ Generación de olores desagradables proveniente de las pilas de compostaje y vaciamiento de residuos en cada frente de trabajo.
- ✓ Arrastre que hace el viento del material participado, papeles, plásticos y otros materiales livianos
- ✓ Modificación del paisaje al modificarse las actividades normales del área
- ✓ Generación de lixiviados (mínimos)
- ✓ Aparecimiento de insectos, roedores y aves

### **5.4 Metodología de evaluación**

#### **5.4.1 Identificación de impactos ambientales**

El proceso de verificación de una interacción entre la causa (acción considerada) y su efecto sobre el medio ambiente (factores ambientales), se ha materializado señalando la celda de cruce, correspondiente en la matriz causa - efecto desarrollado específicamente para la etapa indicada, obteniéndose como resultado las Matrices de Identificación de Impactos Ambientales. (Espinoza, 2002, pág. 34)

#### **5.4.2 Predicción de impactos ambientales: calificación y cuantificación**

La predicción de impactos ambientales, se la ejecutó valorando la importancia y magnitud de cada impacto previamente identificado.

La importancia del impacto de una acción sobre un factor se refiere a la trascendencia de dicha relación, al grado de influencia que de ella se deriva en términos del cómputo de la calidad ambiental, para lo cual se ha utilizado la información desarrollada en la caracterización ambiental, aplicando una metodología basada en evaluar las características de Extensión, Duración y Reversibilidad de cada interacción, e introducir factores de ponderación de acuerdo a la importancia relativa de cada característica. La calificación de cada una de estas características se muestra en las matrices siguientes. (Espinoza, 2002, pág. 35)

Las características consideradas para la valoración de la importancia, se las define de la manera siguiente:

- a) Extensión: se refiere al área de influencia del impacto ambiental en relación con el entorno del proyecto
- b) Duración: se refiere al tiempo que dura la afectación y que puede ser temporal, permanente o periódica, considerando, además las implicaciones futuras o indirectas.
- c) Reversibilidad: representa la posibilidad de reconstruir las condiciones iniciales una vez producido el impacto ambiental.

El cálculo del valor de Importancia de cada impacto, se ha realizado utilizando la ecuación:

$$\mathbf{Imp = We \times E + Wd \times D + Wr \times R}$$

Donde:

Imp = Valor calculado de la Importancia del impacto ambiental

E = Valor del criterio de Extensión

We = Peso del criterio de Extensión

D = Valor del criterio de Duración

Wd = Peso del criterio de Duración

R = Valor del criterio de Reversibilidad

Wr = Peso del criterio de Reversibilidad

Se debe cumplir que:

$$W_e + W_d + W_r = 1$$

Para el presente caso se ha definido los siguientes valores para los pesos o factores de ponderación:

- ✓ Peso del criterio de Extensión =  $W_e = 0.25$
- ✓ Peso del criterio de Duración =  $W_d = 0.40$
- ✓ Peso del criterio de Reversibilidad =  $W_r = 0.35$

La valoración de las características de cada interacción, se ha realizado en un rango de 1 a 10, pero sólo evaluando con los siguientes valores y en consideración con los criterios expuestos en la tabla 41 (Espinoza, 2002, págs. 35-36)

**Tabla 41** Criterios de puntuación de la Importancia y valores asignados

Características de la Importancia del Impacto Ambiental	PUNTUACIÓN DE ACUERDO A LA MAGNITUD DE LA CARACTERÍSTICA				
	1.0	2.5	5.0	7.5	10.0
<b>Extensión</b>	Puntual	Particular	Local	Generalizada	Regional
<b>Duración</b>	Esporádica	Temporal	Periódica	Recurrente	Permanente
<b>Reversibilidad</b>	Completamente Reversible	Medianamente Reversible	Parcialmente Irreversible	Medianamente Irreversible	Completamente Irreversible

**Fuente:** Espinoza, 2002

La magnitud del impacto se refiere al grado de incidencia sobre el factor ambiental en el ámbito específico en que actúa, para lo cual se ha puntuado directamente en base al juicio técnico del grupo evaluador, manteniendo la escala de puntuación de 1 a 10 pero sólo con los valores de 1.0, 2.5, 5.0, 7.5 y 10.0.

Un impacto ambiental se categoriza de acuerdo con sus niveles de importancia y magnitud.

Para globalizar estos criterios, se ha decidido realizar la media geométrica de la multiplicación de los valores de importancia y magnitud, respetando el signo de su carácter.

El resultado de esta operación se lo denomina Valor del Impacto y responde a la ecuación:

$$\text{Valor del Impacto} = \pm (\text{Imp} \times \text{Mag}) ^{0.5}$$

En virtud a la metodología utilizada, un impacto ambiental puede alcanzar un Valor del Impacto máximo de 10 y mínimo de 1. Los valores cercanos a 1, denotan impactos intrascendentes y de poca influencia en el entorno, por el contrario, valores mayores a 6.5 corresponden a impactos de elevada incidencia en el medio, sea estos de carácter positivo o negativo. (Espinoza, 2002, pág. 37)

El cálculo del valor del impacto para cada interacción identificada, se halla en la Matriz No. 7.

### 5.4.3 Matriz de Impactos Ambientales

Tabla 42 Matriz causa y efecto

MATRIZ No. 1														
MATRIZ CAUSA Y EFECTO														
IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN, VALORACIÓN Y SIGNIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES														
PROYECTO: PLANTA DE COMPOSTAJE PARA COMUNIDADES RURALES DE 1000, 2000 Y 3000 HABITANTES														
CÓDIGO	COMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	FASE DE OPERACIÓN											
			O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	VÍA SEGÚN FILAS
			Incremento del movimiento vehicular	Disposición de residuos	Recubrimiento diario de desecho	Generación de olores desagradables	Arrastre que hace el viento del material particulado, papeles, plásticos y otros materiales livianos	Modificación del paisaje	Generación de lixiviados	Apareamiento de insectos, roedores y aves	Monitoreo y control de vectores	Monitoreo y control de gases	Monitoreo y tratamiento de lixiviados	
MF1	Medio Físico	Calidad del Aire	-	-	+	-	-		-			+	+	-2
MF2		Nivel sonoro	-	-										-2
MF3		Calidad del Suelo		-					-					-2
MB1	Medio Biótico	Flora terrestre						-	-				+	-1
MB2		Fauna terrestre		-	+	-	-	-	-			+	+	-2
MS1	Medio Socioeconómico	Población		-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-2
MS2		Salud		-	+	-	-		-	-	+	+	+	-1
MS3		Empleo		+	+						+	+	+	5
MS4		Calidad de vida	-	-	+	-	-		-	-	+	+	+	-2
MS5		Servicios												0
MS6		Vías	-											-1
MS7		Valor del suelo		-		-	-	-	-					-5
MS8		Paisaje	-	-			-	-	-	-				-6
NUMERO DE IMPACTOS SEGÚN COLUMNAS			-5	-8	6	-6	-7	-5	-9	-4	4	6	7	-21

Elaborado por: Jennifer Chiquin

**Tabla 43** Matriz de extensión

**MATRIZ No. 2**  
**MATRIZ DE EXTENSIÓN**

**IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN, VALORACIÓN Y SIGNIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES**  
**PROYECTO: PLANTA DE COMPOSTAJE PARA COMUNIDADES RURALES DE 1000, 2000 Y 3000 HABITANTES**

CÓDIGO	COMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	FASE DE OPERACIÓN										
			O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11
			Incremento del movimiento vehicular	Disposición de residuos	Recubrimiento diario de desecho	Generación de olores desagradables	Arrastre que hace el viento del material particulado, papeles, plásticos y otros	Modificación del paisaje	Generación de lixiviados	Apareamiento de Insectos, roedores y aves	Monitoreo y control de vectores	Monitoreo y control de gases	Monitoreo y tratamiento de lixiviados
MF1	Medio Físico	Calidad del Aire	2.5	2.5	1.0	2.5	2.5		2.5			2.5	2.5
MF2		Nivel sonoro	2.5	2.5									
MF3		Calidad del Suelo		1.0					2.5				
MB1	Medio Biótico	Flora terrestre						1.0	1.0				2.5
MB2		Fauna terrestre		1.0	2.5	2.5	2.5	1.0	1.0			1.0	2.5
MS1	Medio Socioeconómico	Población		2.5	2.5	2.5	2.5	1.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
MS2		Salud		2.5	2.5	2.5	2.5		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
MS3		Empleo		1.0	1.0						2.5	2.5	2.5
MS4		Calidad de vida	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
MS5		Servicios											
MS6		Vías	2.5										
MS7		Valor del suelo		2.5		2.5	2.5	1.0	1.0				
MS8		Paisaje	2.5	2.5			2.5	2.5	2.5	1.0			

Elaborado por: Jennifer Chiquin



**Tabla 44** Matriz de duración

**MATRIZ No. 3**  
**MATRIZ DE DURACIÓN**

**IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN, VALORACIÓN Y SIGNIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES**  
**PROYECTO: PLANTA DE COMPOSTAJE PARA COMUNIDADES RURALES DE 1000, 2000 Y 3000 HABITANTES**

CÓDIGO	COMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	FASE DE OPERACIÓN										
			O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11
			Incremento del movimiento vehicular	Disposición de residuos	Recubrimiento diario de desecho	Generación de olores desagradables	Arrastre que hace el viento del material particulado, papeles, plásticos y otros	Modificación del paisaje	Generación de lixiviados	Apareamiento de Insectos, roedores y aves	Monitoreo y control de vectores	Monitoreo y control de gases	Monitoreo y tratamiento de lixiviados
MF1	Medio Físico	Calidad del Aire	7.5	7.5	7.5	10.0	5.0		10.0			5.0	5.0
MF2		Nivel sonoro	7.5	5.0									
MF3		Calidad del Suelo		7.5					7.5				
MB1	Medio Biótico	Flora terrestre						5.0	7.5				5.0
MB2		Fauna terrestre		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	7.5			5.0	5.0
MS1	Medio Socioeconómico	Población		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	7.5	5.0	5.0	5.0	5.0
MS2		Salud		5.0	5.0	5.0	5.0		7.5	5.0	5.0	5.0	5.0
MS3		Empleo		5.0	5.0						5.0	5.0	5.0
MS4		Calidad de vida	7.5	5.0	5.0	5.0	5.0		7.5	5.0	5.0	5.0	5.0
MS5		Servicios											
MS6		Vías	7.5										
MS7		Valor del suelo		7.5		7.5	5.0	5.0	5.0				
MS8		Paisaje	7.5	7.5			7.5	5.0	7.5	5.0			

Elaborado por :Jennifer Chiquin

**Tabla 45** Matriz de reversibilidad

MATRIZ No. 4														
MATRIZ DE REVERSIBILIDAD														
IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN, VALORACIÓN Y SIGNIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES														
PROYECTO: PLANTA DE COMPOSTAJE PARA COMUNIDADES RURALES DE 1000, 2000 Y 3000 HABITANTES														
CÓDIGO	COMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	FASE DE OPERACIÓN										VÍA SEGÚN FILAS	
			O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10		O11
			Incremento del movimiento vehicular	Disposición de residuos	Recubrimiento diario de desecho	Generación de olores desagradables	Arrastre que hace el viento del material particulado, papeles, plásticos y otros	Modificación del paisaje	Generación de lixiviados	Apareamiento de Insectos, roedores y aves	Monitoreo y control de vectores	Monitoreo y control de gases		Monitoreo y tratamiento de lixiviados
MF1	Medio Físico	Calidad del Aire	5.0	7.5	7.5	7.5	2.5		7.5			5.0	5.0	
MF2		Nivel sonoro	5.0	5.0										
MF3		Calidad del Suelo		7.5					7.5					
MB1	Medio Biótico	Flora terrestre						5.0	7.5				5.0	
MB2		Fauna terrestre		7.5	5.0	5.0	2.5	7.5	7.5			5.0	5.0	
MS1	Medio Socioeconómico	Población		7.5	5.0	7.5	2.5	5.0	7.5	5.0	5.0	5.0	5.0	
MS2		Salud		7.5	5.0	7.5	2.5		7.5	5.0	5.0	5.0	5.0	
MS3		Empleo		5.0	2.5					5.0	5.0	5.0	5.0	
MS4		Calidad de vida	5.0	7.5	5.0	7.5	2.5		7.5	5.0	5.0	5.0	5.0	
MS5		Servicios												
MS6		Vías	5.0											
MS7		Valor del suelo		7.5		5.0	5.0	5.0	5.0					
MS8		Paisaje	5.0	7.5			5.0	5.0	7.5	5.0				

Elaborado por: Jennifer Chiquin

**Tabla 46** Matriz de importancia

**MATRIZ No. 5**

**MATRIZ DE IMPORTANCIA**

**IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN, VALORACIÓN Y SIGNIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES**

**PROYECTO: PLANTA DE COMPOSTAJE PARA COMUNIDADES RURALES DE 1000, 2000 Y 3000 HABITANTES**

CÓDIGO	COMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	FASE DE OPERACIÓN										
			O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11
			Incremento del movimiento vehicular	Disposición de residuos	Recubrimiento diario de desecho	Generación de olores desagradables	Arrastre que hace el viento del material particulado, papeles, plásticos y otros materiales livianos	Modificación del paisaje	Generación de lixiviados	Apareamiento de Insectos, roedores y aves	Monitoreo y control de vectores	Monitoreo y control de gases	Monitoreo y tratamiento de lixiviados
													VIA SEGÚN FILAS
MF1	Medio Físico	Calidad del Aire	5.4	6.3	5.9	7.3	3.5		7.3			4.4	4.4
MF2		Nivel sonoro	5.4	4.4									
MF3		Calidad del Suelo		5.9					6.3				
MB1	Medio Biótico	Flora terrestre						4.0	5.9				4.4
MB2		Fauna terrestre		4.9	4.4	4.4	3.5	4.9	5.9			4.0	4.4
MS1	Medio Socioeconómico	Población		5.3	4.4	5.3	3.5	4.0	6.3	4.4	4.4	4.4	4.4
MS2		Salud		5.3	4.4	5.3	3.5		6.3	4.4	4.4	4.4	4.4
MS3		Empleo		4.0	3.1					4.4	4.4	4.4	4.4
MS4		Calidad de vida	5.4	5.3	4.4	5.3	3.5		6.3	4.4	4.4	4.4	4.4
MS5		Servicios											
MS6		Vías	5.4										
MS7		Valor del suelo		6.3		5.4	4.4	4.0	4.0				
MS8		Paisaje	5.4	6.3			5.4	4.4	6.3	4.0			

PESO DE LA EXTENSION 0.25

PESO DE LA DURACION 0.40

PESO DE LA REVERSIBILIDAD 0.35

Elaborado por: Jennifer Chiquin

**Tabla 47** Matriz de magnitud

**MATRIZ No. 6**  
**MATRIZ DE MAGNITUD**  
**IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN, VALORACIÓN Y SIGNIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES**  
**PROYECTO: PLANTA DE COMPOSTAJE PARA COMUNIDADES RURALES DE 1000, 2000 Y 3000 HABITANTES**

CÓDIGO	COMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	FASE DE OPERACIÓN											
			O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	VÍA SEGÚN FILAS
			Incremento del movimiento vehicular	Disposición de residuos	Recubrimiento diario de desecho	Generación de olores desagradables	Arrastre que hace el viento del material particulado, papeles, plásticos y otros	Modificación del paisaje	Generación de lixiviados	Apareamiento de Insectos, roedores y aves	Monitoreo y control de vectores	Monitoreo y control de gases	Monitoreo y tratamiento de lixiviados	
MF1	Medio Físico	Calidad del Aire	5.0	7.5	7.5	7.5	5.0		10.0			7.5	7.5	
MF2		Nivel sonoro	2.5	5.0										
MF3		Calidad del Suelo		7.5					10.0					
MB1	Medio Biótico	Flora terrestre						7.5	5.0				7.5	
MB2		Fauna terrestre		5.0	7.5	5.0	5.0	7.5	7.5			7.5	7.5	
MS1	Medio Socioeconómico	Población		5.0	5.0	7.5	5.0	5.0	7.5	7.5	7.5	5.0	7.5	
MS2		Salud		5.0	7.5	7.5	5.0		7.5	7.5	7.5	5.0	7.5	
MS3		Empleo		2.5	2.5					7.5	2.5	2.5		
MS4		Calidad de vida	5.0	5.0	5.0	7.5	5.0		7.5	7.5	7.5	5.0	7.5	
MS5		Servicios												
MS6		Vías	5.0											
MS7		Valor del suelo		5.0		5.0	5.0	5.0	5.0					
MS8		Paisaje	5.0	7.5			5.0	7.5	7.5	5.0				
			VÍA SEGÚN FILAS											

Elaborado por: Jennifer Chiquin

**Tabla 48** Valoración de impactos ambientales

**MATRIZ No. 7**  
**MATRIZ DE VALORIZACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES**

IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN, VALORACIÓN Y SIGNIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES  
PROYECTO: PLANTA DE COMPOSTAJE PARA COMUNIDADES RURALES DE 1000, 2000 Y 3000 HABITANTES

CÓDIGO	COMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	FASE DE OPERACIÓN											
			O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	VÍA SEGÚN FILAS
			Incremento del movimiento vehicular	Disposición de residuos	Recubrimiento diario de desecho	Generación de olores desagradables	Arrastre que hace el viento del material particulado, papeles, plásticos y otros materiales livianos	Modificación del paisaje	Generación de lixiviados	Apareamiento de Insectos, roedores y aves	Monitoreo y control de vectores	Monitoreo y control de gases	Monitoreo y tratamiento de lixiviados	
MF1	Medio Físico	Calidad del Aire	-5.2	-6.8	6.6	-7.4	-4.2	0.0	-8.5	0.0	0.0	5.7	5.7	-14.0
MF2		Nivel sonoro	-5.2	-4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-9.9
MF3		Calidad del Suelo	0.0	-6.6	0.0	0.0	0.0	0.0	-7.9	0.0	0.0	0.0	0.0	-14.5
MB1	Medio Biótico	Flora terrestre	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-5.5	-5.4	0.0	0.0	0.0	5.7	-5.2
MB2		Fauna terrestre	0.0	-4.9	5.7	-4.7	-4.2	-6.0	-6.6	0.0	0.0	5.5	5.7	-9.5
MS1	Medio Socioeconómico	Población	0.0	-5.1	4.7	-6.3	-4.2	-4.5	-6.8	-5.7	5.7	4.7	5.7	-11.8
MS2		Salud	0.0	-5.1	5.7	-6.3	-4.2	0.0	-6.9	-5.7	5.7	4.7	5.7	-6.3
MS3		Empleo	0.0	3.2	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	3.3	3.3	18.3
MS4		Calidad de vida	-5.2	-5.1	4.7	-6.3	-4.2	0.0	-6.8	-5.7	5.7	4.7	5.7	-12.5
MS5		Servicios	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MS6		Vías	-5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-5.2
MS7		Valor del suelo	0.0	-5.6	0.0	-6.3	-4.7	-4.5	-4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	-25.6
MS8		Paisaje	-5.2	-6.8	0.0	0.0	-5.2	-4.5	-6.8	-4.5	0.0	0.0	0.0	-33.0
IMPACTOS SEGÚN COLUMNAS			-26.0	-47.5	30.2	-37.3	-30.9	-25.0	-60.2	-21.6	22.9	28.5	37.7	-129
IMPACTOS			CANTIDAD											%
ALTAMENTE SIGNIFICATIVOS			0	3	0	1	0	0	7	0	0	0	0	15.9
SIGNIFICATIVOS			5	6	0	5	2	5	2	4	0	0	0	42.0
DESPRECIABLES			0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	7.25
BENÉFICOS			0	1	6	0	0	0	0	0	4	6	7	34.78
			TOTAL DE IMPACTOS											69

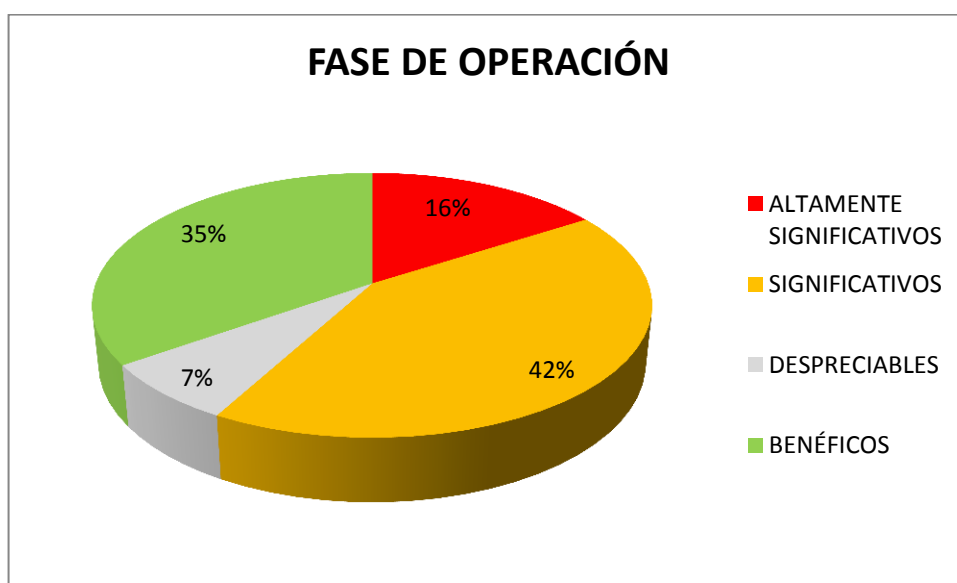
Elaborado por: Jennifer Chiquin

**Tabla 49** Caracterización de los impactos ambientales

FASE DE OPERACIÓN		
Impactos	Número	Porcentaje (%)
Altamente Significativos	11.0	15.9
Significativos	29.0	42.0
Despreciables	5.00	7.25
Benéficos	24.00	34.78
Total	69	100

Elaborado por: Jennifer Chiquin

**Figura 32** Impactos ambientales



Elaborado por: Jennifer Chiquin

#### 5.4.4 Categorización de Impactos Ambientales

La Categorización de los impactos ambientales identificados y evaluados, se lo ha realizado en base al Valor del Impacto, determinado en el proceso de predicción. Se han conformado 4 categorías de impactos, a saber:

- ✓ Altamente Significativos;
- ✓ Significativos;
- ✓ Despreciables; y
- ✓ Benéficos.

La categorización proporcionada a los impactos ambientales, se lo puede definir de la manera siguiente:

- a) **Impactos Altamente Significativos:** son aquellos de carácter negativo, cuyo Valor del Impacto es mayor o igual a 6.5 y corresponden a las afecciones de elevada incidencia sobre el factor ambiental, difícil de corregir, de extensión generalizada, con afección de tipo irreversible y de duración permanente.
- b) **Impactos Significativos:** son aquellos de carácter negativo, cuyo Valor del Impacto es menor a 6.5 pero mayor o igual a 4.5, cuyas características son: factibles de corrección, de extensión local y duración temporal.
- c) **Despreciables:** corresponden a todos los aquellos impactos de carácter negativo, con Valor del Impacto menor a 4.5. Pertenecen a esta categoría los impactos capaces plenamente de corrección y por ende compensados durante la ejecución del Plan de Manejo Ambiental, son reversibles, de duración esporádica y con influencia puntual.
- d) **Benéficos:** aquellos de carácter positivo que son benéficos para el proyecto. (Espinoza, 2002, pág. 40)

## **5.5 Plan de manejo ambiental**

“El Plan de Manejo Ambiental es un establecimiento detallado de las acciones que se requieren para prevenir, mitigar y controlar los posibles impactos ambientales negativos, o aquel que busca acentuar los impactos positivos, causados en el desarrollo de un proyecto.” (Espinoza, 2002, pág. 51)

El Plan de Manejo Ambiental para el proyecto, deberá ser entendido como una herramienta básica propuesta para la posible implementación de la planta de compostaje, y por tanto la misma será variable en el tiempo.

### **5.5.1 Objetivo General**

El objetivo general del PMA se centra en especificar las acciones o medidas que deberá tomar en cuenta el operador de la planta de compostaje, para la prevención, control, mitigación y compensación ambiental en procura de un desarrollo

sustentable de las actividades desarrolladas, y concretamente, para los siguientes objetivos específicos:

- ✓ Implementar y ejecutar un proceso preventivo, controlado y optimizado de gestión ambientalmente adecuado de residuos, que permita minimizar los potenciales riesgos ambientales generados por la planta de compostaje.
- ✓ Mejorar los procedimientos de operación, a fin de reducir o eliminar los potenciales impactos ambientales de los recursos.

### **5.5.2 Alcance**

El Plan de Manejo Ambiental aplica al proyecto de la planta de compostaje en sus diferentes fases.

Debe mencionarse que a pesar que no todas las acciones del proyecto generan impactos negativos sobre los elementos ambientales considerados, el Plan de Manejo Ambiental introducirá medidas tendientes a evitar que el medio ambiente, la población que se asienta en su área de influencia y el personal que trabaja en la operación del proyecto se vean afectados.

#### **5.5.2.1 Programa de prevención y mitigación**

##### **a. Objetivo**

Establecer y ejecutar medidas preventivas, controladas y óptimas para impedir la contaminación de los recursos aire, agua y suelo, que permitan minimizar los riesgos ambientales que podrían generarse como consecuencia de las actividades durante las etapas de construcción, operación y clausura del proyecto.

##### **b. Meta**

Cumplir con la legislación ambiental vigente concerniente a las actividades efectuadas durante la construcción, operación, y clausura del proyecto.

##### **c. Actividades**

- ✓ Se sugiere desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para mantener el funcionamiento adecuado de los vehículos que transportan los desechos



desde y hasta la planta de compostaje. Esto aportará muy considerablemente a la reducción de las emisiones gaseosas propias de motores de combustión.

- ✓ Los vehículos destinados para el transporte de los desechos, deberán circular a velocidades no mayores de 20 Km/h en el área de influencia del proyecto.
- ✓ Se deberá establecer un sistema de control en los ingresos de los vehículos, que ingresen a la planta de compostaje y sus diferentes áreas.
- ✓ Se contará con la señalización respectiva para el área de influencia directa establecida para la planta de compostaje.
- ✓ Se dará atención especial al problema de vuelo de papeles, para lo cual se deberá utilizar pantallas contra el viento u otras barreras.
- ✓ Se deberá prevenir olores cubriendo las pilas de material con pasto o con una capa fina (5 - 10 cm) de abono listo de la fracción gruesa, estos materiales sirven como filtro biológico y pueden añadirse al material a compostar cuándo se termine su vida útil.
- ✓ Se deberá recoger los residuos sólidos caídos, en las afueras de la planta (vías internas, áreas verdes y otros) y no se deberían dejar acumular durante más de 1 o 2 horas.
- ✓ Se impermeabilizará la base de las planchas a utilizar en la planta de compostaje.
- ✓ Se deberá contar con un sistema de captación como canaletas alrededor de las planchas que se utilizaran para la conformación de las pilas.
- ✓ La administración de la planta deberá implantar un plan adecuado de mantenimiento de las pilas con material a compostar ya que una óptima operación de las mismas no generara lixiviados
- ✓ Confirmar que la base de la planta esté impermeabilizada antes de depositar los residuos sólidos.
- ✓ Cubrir los residuos que aún no son tratados.
- ✓ Depositar los residuos en los sitios previstos en los planos operativos, respetando las dimensiones básicas de acuerdo a la cantidad de residuos generados.
- ✓ En caso de producción de lixiviados captar inmediatamente evitando de esta manera el contacto con el suelo o corran libremente por éste.

- ✓ Los residuos de combustibles, grasas y lubricantes generados por el mantenimiento de equipos y sistemas deberán almacenarse en recipientes adecuados, los cuales deberán ser entregados a un gestor tecnificado, el cual certifique el tratamiento y la adecuada disposición final de los mismos.
- ✓ En el caso del apareamiento de ratas y ratones, identificar y destruir las madrigueras.
- ✓ Los supervisores deberán vigilar la generación de altos niveles de ruidos y vibraciones, identificar las causas y notificarlos a la administración, además de dialogar con los operadores de maquinaria sobre el asunto, para que se tomen los correctivos necesarios.

#### **5.5.2.2 Plan de Contingencias**

##### **a. Objetivo**

Instaurar un sistema de respuesta efectivo y oportuno, el cual controle y mitigue incidentes en situación emergente que eventualmente y de manera inesperada ocurra durante los procesos de construcción, operación y clausura del proyecto.

##### **b. Meta**

Lograr una eficiente capacidad de respuesta al momento que se presente alguna situación de emergencia en cualquier fase del proyecto.

##### **c. Actividades**

- ✓ Capacitación y entrenamiento para eventos contingentes (anual).
- ✓ Mantener registros e inventarios actualizados de equipos y materiales para enfrentar las contingencias.
- ✓ Realizar Entrenamiento y Simulacros en la locación (Anual).
- ✓ Adquisición de 5 extintores de CO2 de 20 libras.
- ✓ Recarga y mantenimiento de Extintores.
- ✓ Realizar las medidas de remediación en caso de ocurrir alguna contingencia (incendio, derrame, etc.)

### **5.5.2.3 Plan de Seguridad y Salud**

#### **a. Objetivo**

Reducir al máximo la ocurrencia de accidentes de trabajo y optimizar las condiciones laborales para que los trabajadores realicen sus actividades en un ambiente sano y seguro.

#### **b. Meta**

Evitar los accidentes de consideración cuando se realicen trabajos en cada fase del proyecto.

#### **c. Actividades**

- ✓ El administrador de la Planta de Compostaje es el responsable de adquirir elementos de protección personal necesarios para los trabajadores. Evaluará las necesidades de los trabajadores según los riesgos inherentes a sus labores cotidianas, entregará los elementos de protección personal según el programa de dotación. Vigilará el uso obligatorio y apropiado de dichos elementos. Realizará inspecciones periódicas para comprobar su estado y detectar posibles daños presentes en los mismos.
- ✓ Este aspecto tiene relación con la implementación de una adecuada señalización con temas alusivos a la prevención y control de actividades humanas para evitar la destrucción ambiental en las zonas de trabajo del proyecto.
- ✓ La educación y el entrenamiento a todo el personal de la Planta, son indispensables. Una vez adquiridos los conocimientos acerca de los riesgos en el manejo o manipulación de los desechos sólidos, formación de pilas, sus peligros y medidas a tomar, es necesario comunicar eficazmente esta información a todo el personal involucrado.
- ✓ Los trabajadores deben conocer las características de los desechos con los que trabajan y las precauciones para su manipulación. Deben ser entrenados en los procedimientos, prácticas y normas de trabajo. Deben recibir información sobre el uso, mantenimiento y limitaciones de los equipos de protección personal recomendados.

#### **5.5.2.4 Plan de Capacitación y Comunicación**

##### **a. Objetivo**

Aplicar acciones para promover la comunicación con los diferentes actores sociales (externos e internos), acciones de capacitación y educación.

##### **b. Metas**

Por medio de capacitaciones hacer cumplir el Plan de Manejo Ambiental propuesto, por el personal involucrado en la construcción y operación del proyecto.

##### **c. Actividades**

- ✓ Mantener campañas, talleres donde se promueva el cambio de actitud y comportamiento de las personas frente al aprovechamiento de los residuos sólidos en temas relacionados con:
  - Manejo de desechos sólidos: reciclaje artesanal de papel, clasificación de basura.
  - Importancia de la conservación del medio ambiente.
  - Elaboración y utilidad del compost.
  - Manejo de huertos comunitarios.

#### **5.5.2.5 Plan de Monitoreo Ambiental**

##### **a. Objetivos**

Realizar el monitoreo de los procesos aplicables al proyecto.

##### **b. Meta**

Garantizar el cumplimiento de las regulaciones vigentes en lo referente a Legislación Ambiental.

##### **c. Actividades**

- ✓ Monitoreo de aire y ruido (anual).
- ✓ Realizar controles en la zona de disposición de residuos así como en el área de quema de gases y control de ruido.
- ✓ Los vehículos, maquinaria y equipos que trabajan con gasolina o diesel, deberán permanecer encendidos el tiempo estrictamente necesario para su

operación. Los silenciadores de los vehículos deberán estar funcionando bien para evitar la contaminación por ruido.

- ✓ Regular la velocidad máxima en 30 Km/h dentro de la zona de influencia directa del proyecto, y 20 Km en cercanías a zonas pobladas.
- ✓ Verificar diariamente el estado de las canaletas laterales que se encuentran alrededor de las planchas de conformación de las pilas de compostaje
- ✓ Se realizará una inspección mensual del área cubierta con vegetación para evaluar las condiciones de sanidad de la vegetación.

## **5.6 Análisis financiero de la planta de compostaje**

Se realizó un análisis financiero sobre la producción de abono en la planta de compostaje y su comercialización; lo cual servirá de ingreso para las comunidades.

La producción mensual de residuos orgánicos de las parroquias de Chantilín (1000 habitantes), 11 de Noviembre (2000 habitantes) y José Guango Bajo (3000 habitantes) es de 4.71 ton, 8.55 ton 11.4 ton, respectivamente, si se toma cuenta que de 1 ton de residuos orgánicos se obtiene un 30% de compost se tendrá una cantidad de 1.41, 2.57 y 3.42 toneladas de compost.

Entonces podríamos decir que mensualmente se obtendría de la planta de compostaje de las parroquias Chantilín 1410 Kg, 11 de Noviembre 2570 kg y de la parroquia José Guango Bajo 3420 kg de compost, el saco de abono en el mercado es de 45 kg por lo tanto al mes se obtiene.

Nº de sacos obtenidos en 1000 habitantes =  $1410\text{kg}/45\text{kg} = 31$  sacos

Nº de sacos obtenidos en 2000 habitantes =  $2.570\text{kg}/45\text{kg} = 57$  sacos

Nº de sacos obtenidos en 3000 habitantes =  $3.420\text{kg}/45\text{kg} = 76$  sacos

En el mercado se comercializa el saco de abono orgánico en 8 dólares, por lo tanto al mes se obtienen:

1000 habitantes= 31 sacos a 8 dólares se obtiene una ganancia de 248 dólares

2000 habitantes= 57 sacos a 8 dólares se obtiene una ganancia de 456 dólares

3000 habitantes= 76 sacos a 8 dólares se obtiene una ganancia de 608 dólares

## **5.7 Cálculo presupuestario referencial de la planta de compostaje para comunidades rurales de 1000, 2000 y 3000 habitantes**

### **5.7.1 Presupuesto de la obra**

#### **Área administrativa, vestidores y bodega**

$$3000 \text{ hab} = 6.15\text{m} \times 7.55\text{m} = \mathbf{46.43\text{m}^2}$$

$$2000 \text{ hab} = (5.90 \times 2.70) \text{ m} + 6\text{m}^2 = \mathbf{21.93 \text{ m}^2}$$

$$1000 \text{ hab} = 2.80\text{m} \times 6\text{m} = \mathbf{16.8 \text{ m}^2}$$

#### **Área recepción de carga y acopio de residuos**

$$3000 \text{ hab} = 12.90 \text{ m} \times 7.10\text{m} = \mathbf{91.59\text{m}^2}$$

$$2000 \text{ hab} = 13.22 \text{ m} \times 6.70\text{m} = \mathbf{88.57 \text{ m}^2}$$

$$1000 \text{ hab} = 8.50\text{m} \times 5.90\text{m} = \mathbf{50.15 \text{ m}^2}$$

#### **Plataforma de secado y trituración**

$$3000 \text{ hab} = 7.10 \text{ m} \times 7.40\text{m} = \mathbf{52.54\text{m}^2}$$

$$2000 \text{ hab} = 7.10 \text{ m} \times 6.70\text{m} = \mathbf{47.57 \text{ m}^2}$$

$$1000 \text{ hab} = 6.10\text{m} \times 5.90\text{m} = \mathbf{35.99 \text{ m}^2}$$

#### **Plataforma para la conformación de las pilas**

$$3000 \text{ hab} = 23.10 \text{ m} \times 15.10\text{m} = \mathbf{348.81\text{m}^2}$$

$$2000 \text{ hab} = 23.10 \text{ m} \times 13.10\text{m} = \mathbf{302.61 \text{ m}^2}$$

$$1000 \text{ hab} = 20.10 \text{ m} \times 10.10\text{m} = \mathbf{203.01 \text{ m}^2}$$

#### **Plataforma para el refinado y ensacado**

$$3000 \text{ hab} = 8.10 \text{ m} \times 15.10\text{m} = \mathbf{122.31\text{m}^2}$$

$$2000 \text{ hab} = 15.11 \text{ m} \times 8.10\text{m} = \mathbf{106.19 \text{ m}^2}$$

$$1000 \text{ hab} = 7.10\text{m} \times 10.10\text{m} = \mathbf{71.71 \text{ m}^2}$$

#### **Zona de descarga y descarga**

$$3000 \text{ hab} = (5.40 \times 8.20) \text{ m} + (5.40 \times 7.8) \text{ m} = \mathbf{86.4\text{m}^2}$$

$$2000 \text{ hab} = 5.40\text{m} \times 8.40\text{m} = \mathbf{45.36 \text{ m}^2}$$

$$1000 \text{ hab} = 2.50 \text{ m} \times 6.10\text{m} = \mathbf{15.25 \text{ m}^2}$$

### 5.7.2 Presupuesto referencial

**Tabla 50** Presupuesto referencial planta de compostaje 3000 hab.

Rubro	Área (m <sup>2</sup> )	Precio por m <sup>2</sup>	Costo (\$)
Área administrativa, vestidores y bodega	46.43	180	8357
Área recepción de carga y acopio de residuos	91.59	120	10990
Plataforma de secado y trituración	52.54	120	6304
Plataforma para la conformación de las pilas	348.81	120	41857
Plataforma para el refinado y ensacado	122.31	120	14677
Zona de descarga y descarga	86.4	70	6048
Trituradora	-----	-----	2500
Tamiz	-----	-----	500
<b>Total</b>			<b>91.233</b>

Elaborado por: Jennifer Chiquin

Planta de compostaje para 3000 habitantes costo final = 91.233 dólares

**Tabla 51** Presupuesto referencial planta de compostaje 2000 hab.

Rubro	Área (m <sup>2</sup> )	Precio por m <sup>2</sup>	Costo (\$)
Área administrativa, vestidores y bodega	21.93	180	3947
Área recepción de carga y acopio de residuos	88.57	120	10628
Plataforma de secado y trituración	47.57	120	5708
Plataforma para la conformación de las pilas	302.61	120	36313
Plataforma para el refinado y ensacado	106.19	120	12742
Zona de descarga y descarga	45.36	70	3175
Trituradora	-----	-----	2500
Tamiz	-----	-----	500
<b>Total</b>			<b>75.513</b>

Elaborado por: Jennifer Chiquin

Planta de compostaje para 2000 habitantes costo final = 75.513 dólares

**Tabla 52** Presupuesto referencial planta de compostaje 1000 hab.

Rubro	Área (m <sup>2</sup> )	Precio por m <sup>2</sup>	Costo (\$)
Área administrativa, vestidores y bodega	16.8	180	3024
Área recepción de carga y acopio de residuos	50.15	120	6061
Plataforma de secado y trituración	35.99	120	4318
Plataforma para la conformación de las pilas	203.01	120	24361
Plataforma para el refinado y ensacado	71.71	120	8605
Zona de descarga y descarga	15.25	70	1068
Trituradora	-----	-----	2500
Tamiz	-----	-----	500
<b>Total</b>			<b>50.437</b>

Elaborado por: Jennifer Chiquin

Planta de compostaje para 1000 habitantes costo final = 50.437 dólares

Nota: el costo de la construcción y operación de la planta de compostaje debe obtenerse del presupuesto de los gobiernos locales.



## CONCLUSIONES

- ✓ La implementación del proyecto en comunidades rurales de 1000, 2000 y 3000 habitantes permitirá el involucramiento de toda la población en el proceso de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos mediante el compostaje beneficiándose de forma directa o indirecta del producto final obtenido compost, ya que este pudiera ser comercializado o distribuido en las propias comunidades utilizándole como abono orgánico en sus cultivos evitando la adquisición de abonos químicos.
- ✓ El aprovechamiento de residuos orgánicos mediante el compostaje constituye un adecuado procedimiento de valoración de estos residuos., evitando así los riesgos de contaminación que pueden causar otros tratamientos como incineración y los vertederos.
- ✓ Más que un sistema de tratamiento puede ser contemplado como un procedimiento de obtención de un material útil a partir de una materia prima calificada como residuo.
- ✓ En la investigación de campo realizada para conocer la cantidad de residuos sólidos generados en las comunidades de estudio pudimos determinar la generación per cápita de una población de 1000 habitantes con un promedio de 0.32 kg/hab\*día de esto el 54.48% corresponde a residuos orgánicos y el 45.52% a residuos inorgánicos por la tanto la generación total residuos orgánicos es de 157.44 kg/día, por otro lado en una comunidad de 2000 habitantes también obtuvimos un promedio de generación per cápita de 0.32 kg/hab\*día de esto el 51.01% corresponde a residuos orgánicos y el 48.99% a residuos inorgánicos por la tanto la generación total residuos orgánicos es de 285.80 kg/día, mientras que para una población de 3000 habitantes se obtuvo una generación per cápita de 0.27 kg/hab\*día de esto el 52.36% corresponde a residuos orgánicos y el 47.64% a residuos inorgánicos por la tanto la generación total residuos orgánicos es de 379.84 kg/día.

- ✓ Una comunidad de 1000 habitantes que genera 4.71 ton mensuales de residuos orgánicos produce 1.41 ton de compost tomando en cuenta que de 1 ton de residuos orgánicos se obtiene 30% de compost, entonces se obtiene 31 sacos de compost los cuales se comercializaran a 8 dólares con una ganancia mensual de 248 dólares, para una comunidad 2000 habitantes que genera 8.55 ton mensuales de residuos orgánicos produce 2.57 ton, y se obtiene 57 sacos con una ganancia mensual de 456 dólares, mientras que en una comunidad de 3000 habitantes que genera 11.4 ton mensuales de residuos orgánicos produce 3.42 ton, se obtiene 76 sacos de compost con una ganancia mensual de 608 dólares.
  
- ✓ El modelo de la planta y la conformación de las pilas de compostaje presentado en el proyecto fueron elaborados de acuerdo a las diferentes cantidades y volúmenes mensuales obtenidos de cada comunidad, estableciendo así dimensiones adecuadas para un eficiente manejo tanto de las pilas como de la planta en su conjunto, obteniendo un producto en un tiempo mínimo y en óptimas condiciones con el diseño se pretende además evitar que el material acumulado hacer tratado provoque cualquier tipo de contaminación.
  
- ✓ Del proceso de Evaluación de Impactos Ambientales basados en las actividades establecidas para la planta de compostaje para comunidades rurales de 1000, 2000 y 3000 habitantes, se determinó que las actividades de esta planta, generan impactos negativos que pueden ser mitigados mediante la correcta aplicación del Plan de Manejo Ambiental.
  
- ✓ El impacto total de la Planta sobre el área de estudio, de acuerdo a la metodología presentada, es significativo, en vista que los mayores impactos se producen a nivel local.

## RECOMENDACIONES

- ✓ Establecer convenios con los gobiernos locales de cada comunidad logrando que impulsen el desarrollo del proyecto
- ✓ Involucrar a todos los habitantes de la comunidad para inculcar conciencia ambiental y lograr un trabajo conjunto para un óptimo manejo de la planta de compostaje.
- ✓ Reforzar un servicio de recolección, mediante la implementación de sistemas no convencionales (triciclos), permitirá brindar, ampliar y optimizar ese servicio. Además este sistema requiere de poca inversión inicial y puede emplearse mano de obra local disponible en las comunidades, ello facilitaría la organización de acciones de recuperación de residuos.
- ✓ Mantener un proceso de reducción del volumen en el origen ya que es una alternativa que ayudará a conservar los recursos y también tienen viabilidad económica.
- ✓ Conservar el techo de todas las áreas de la Planta en óptimas condiciones para impedir la mezcla de los residuos con aguas lluvias y evitar la generación o incremento de lixiviados.
- ✓ Se deberá tomar en cuenta lo estipulado en el Diseño y Plan de Manejo Ambiental de la Planta de compostaje , para la prevención de posibles impactos que se puedan generar durante la fase de operación, las medidas que se proponen en el PMA como consecuencia de la evaluación ambiental realizada, facilitará , la ejecución de acciones ambientalmente viables de manera que la Planta no revierta ningún riesgo hacia el medio ambiente o la salud de quienes desarrollan sus actividades en el área circundante.

## LISTA DE REFERENCIAS

- ✓ Análisis Sectorial de Residuos Sólidos en Ecuador. (2002). 46-109. Ministerio del Ambiente del Ecuador.
- ✓ Asamblea Constituyente. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*, 19-53-54-130-131. Ecuador.
- ✓ Boyer, R. (2001). *Conceptos de Bioquímica* (Primera ed.). México: Thompson Learning.
- ✓ Educación, R. I. (2008). *Educación Ambiental y Formación en: Proyectos y Experiencia*, 12.
- ✓ Espinoza, G. (2002). *Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impactos Ambientales*, 35-69. Santiago, Chile.
- ✓ Flores, D. (2002). Serie Guías para la gestión de residuos sólidos en América Latina y El Caribe. *Guía N°2 Para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos*, 3-10. Quito.
- ✓ Fortunecitys. (2000). *Los residuos sólidos. Ingeniería ambiental y medio ambiente*. Recuperado el 8 de marzo de 2013, de [www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/residuos.html](http://www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/residuos.html)
- ✓ ICAOTA, Consultora Territorial. (2011). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón de Latacunga*, 18-70. Ecuador: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón de Latacunga.
- ✓ ICAOTA, Consultora Territorial. (2011). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Saquisilí*, 20-83. Ecuador: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón de Saquisilí.
- ✓ INAMHI. (2006). Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. *Anuario Meteorológico*, 13-24. Quito, Ecuador: Ministerio de Minas y Petróleos.
- ✓ INEC. (2010). *Censo de poblacion y vivienda*. Ecuador.

- ✓ Jaramillo, G., & Zapata, L. (2008). *Aprovechamiento de los Residuos Orgánicos en Colombia*, 34-40. (T. d. Maestría, Ed.) Colombia: Universidad de Antioquia Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.
- ✓ Ley de Gestión Ambiental. (Septiembre de 2004). *Registro Oficial No. 418*, 6. Ministerio del Ambiente del Ecuador.
- ✓ NMX-AA-015-1985, N. M. (1985). *Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales-Muestreo-Método de Cuarteo*, 4. México: Secretaria de Comercio y Fomento Industrial.
- ✓ NMX-AA-019\_1985, N. M. (1985). *Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales-Peso Volumétrico In Situ*, 4. México: Secretaria de Comercio y Fomento Industrial.
- ✓ NMX-AA-022-1985, N. M. (1985). *Protección al Ambiente- Contaminación del Suelo- Residuos Sólidos Municipales-Selección y Cuantificación de Subproductos*, 3-6. México: Secretaria de Comercio y Fomento Industrial.
- ✓ NMX-AA-061-1985, N. M. (1985). *Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales-Determinación de la Generación*, 4. México: Secretaria de Comercio y Fomento Industrial.
- ✓ Ordenanza Metropolitana 332. (2010). 13. Distrito Metropolitano de Quito.
- ✓ Plan Nacional de Desarrollo. (2000). Ministerio del Ecuador.
- ✓ SIISE. (2012). *Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador*. Recuperado el 16 de marzo de 2013, de [www.siise.gob.ec/siiseweb/](http://www.siise.gob.ec/siiseweb/)
- ✓ Soto, G., & Muñoz, C. (2002). *Agricultura Orgánica. Consideraciones teóricas y practicas sobre el compost, y su empleo en la agricultura orgánica*, 1-6. Costa Rica.
- ✓ Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1997). *Gestión Integral de Residuos Sólidos* (Vols. I-II). México D.F, México: Antonio García Brage.

- ✓ TULSMA. (2009). Libro VI. *Anexo 6 Norma de Calidad Ambiental para el Manejo y Disposición Final de Desechos Sólidos no Peligrosos*, 5-9. Ministerio del Ambiente del Ecuador.

**ANEXOS**

**Anexo 1**



**SECRETARIA DE COMERCIO**

**Y**

**FOMENTO INDUSTRIAL**

**NORMA MEXICANA**

**NMX-AA-015-1985**

**PROTECCION AL AMBIENTE - CONTAMINACION DEL SUELO  
- RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES - MUESTREO - METODO  
DE CUARTEO**

*ENVIRONMENTAL PROTECTION - SOIL POLLUTION – MUNICIPAL  
SOLID RESIDUES - SAMPLING - QUARTER METHOD*

**DIRECCION GENERAL DE NORMAS**

## PREFACIO

En la formulación de esta norma participaron los siguientes organismos:

- SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA  
Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.
  
- DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL.  
Dirección General de Estudios Prospectivos.  
Dirección General de Programación de Obras y Servicios.  
Comisión de Ecología.



PROTECCION AL AMBIENTE - CONTAMINACION DEL SUELO - RESIDUOS  
SOLIDOS MUNICIPALES - MUESTREO - METODO DE CUARTEO

ENVIRONMENTAL PROTECTION - SOIL POLLUTION – MUNICIPAL SOLID  
RESIDUES - SAMPLING - QUARTER METHOD

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN.

Esta Norma Oficial Mexicana, establece el método de cuarteo para residuos sólidos municipales y la obtención de especímenes para los análisis en el laboratorio.

Para aquellos residuos sólidos de características homogéneas, no se requiere seguir el procedimiento descrito en esta norma.

2 REFERENCIAS.

Esta norma se complementa con las siguientes Normas Oficiales Mexicanas vigentes:

NOM-AA-19	Protección al Ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos Municipales-Peso volumétrico "IN SITU".
NOM-AA-22	Protección al Ambiente-Contaminación del suelo - Residuos sólidos Municipales-Selección y Cuantificación de Subproductos.
NOM-AA-61	Protección al Ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos Municipales-Generación.
NOM-AA-91	Protección al Ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos-Terminología.

3 DEFINICIONES.

Para los efectos de esta norma, las definiciones son las que se establecen en la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-91.

4 METODO DE CUARTEO.

Para el cuarteo, la muestra debe ser representativa de la zona o estrato socioeconómico del área en estudio, obtenida según Norma Oficial Mexicana NOM-AA-61.

4.1 Aparatos y Equipo.

- Báscula de piso, con capacidad de 200 kg
- Bolsas de polietileno de 1.10 m x 0.90 m y calibre mínimo del No. 200, - para el manejo de los subproductos (tantas como sean necesarias).

- Palas curvas
- Bioldos
- Overoles
- Guantes de carnaza
- Escobas
- Botas de hule
- Cascos de seguridad
- Mascarillas protectoras
- Papelería y varios (cédula de informe de campo, marcadores, ligas, etc.).

#### 4.2 Procedimientos.

Para efectuar este método de cuarteo, se requiere la participación de cuando menos tres personas.

El equipo requerido antes descrito, está de acuerdo con el número de personas que participan en el cuarteo.

Para realizar el cuarteo, se toman las bolsas de polietileno conteniendo los residuos sólidos, resultado del estudio de generación según la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-61-. En ningún caso se toma más de 250 bolsas para efectuar el cuarteo.

El contenido de dichas bolsas, se vacía formando un montón sobre un área plana horizontal de 4 m x 4 m de cemento pulido o similar y bajo techo.

El montón de residuos sólidos se traspalea con pala y/o bioldo, hasta homogeneizarlos, a continuación, se divide en cuatro partes aproximadamente iguales A B C y D (fig. 1), y se eliminan las partes opuestas A y C o B y D, repitiendo esta operación hasta dejar un mínimo de 50 kg de residuos sólidos con los cuales se debe hacer la selección de subproductos de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-22.

De las partes eliminadas del primer cuarteo, se toman 10 kg aproximadamente de residuos sólidos para los análisis del laboratorio, físicos, químicos y biológicos, con el resto se determina el peso volumétrico de los residuos sólidos "in situ", según Norma Oficial Mexicana NOM-AA-19.

La muestra obtenida para los análisis físicos, químicos y biológicos debe trasladarse al laboratorio en bolsas de polietileno debidamente selladas e identificadas (véase marcado), evitando que queden expuestas al sol durante su transporte, además se debe tener cuidado en el manejo de la bolsa que contiene la muestra para que no sufra ninguna rotura. El tiempo máximo de transporte de la muestra al laboratorio, no debe exceder de 8 horas.

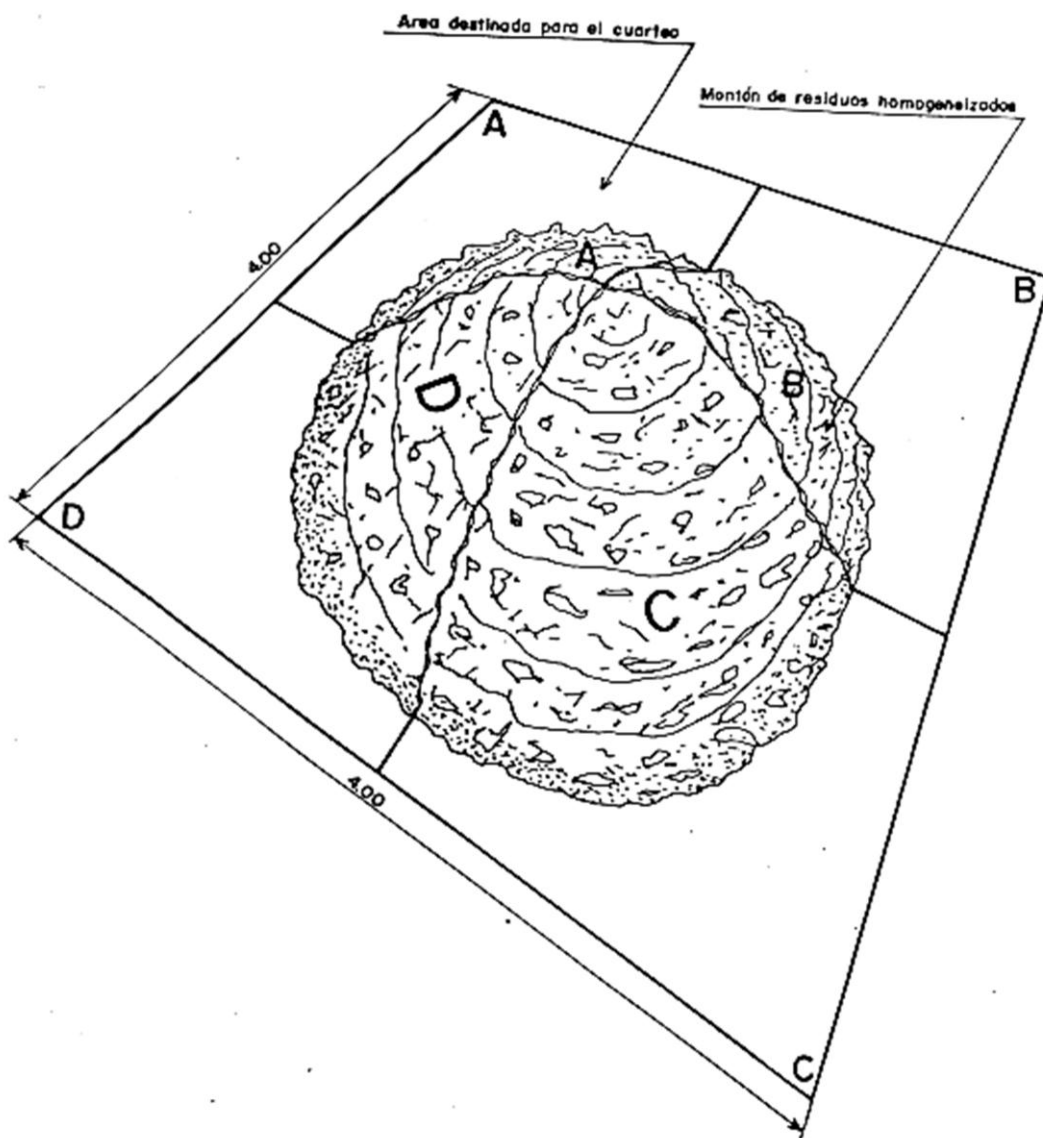


FIGURA 1. CUARTEO DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

Se han considerado, las cantidades anteriores como óptimas, sin embargo estas pueden variar de acuerdo a las necesidades. Sólo en el caso de que la cantidad de residuos sólidos sea menor a 50 kg, se recomienda repetir la operación de cuarteo.

## 5 MARCADO.

La muestra se identifica con una etiqueta, la cual debe contener la siguiente información:

Número de folio de la cédula de informe de campo para el cuarteo, hora y fecha del envío, localidad, municipio, estado, procedencia de la muestra (Estrato socioeconómico) temperatura y humedad relativa del ambiente, peso de la muestra en kilogramos, datos del responsable de la toma de muestra y observaciones.

## 6 INFORME DE CAMPO: (ver cédula en el apéndice)

En el informe debe indicar lo siguiente:

- Localidad, Municipio, y Estado
- Fecha y hora del cuarteo
- Procedencia de la muestra (estrato socioeconómico)
- Condiciones climatológicas
- Cantidad de residuos sólidos tomados para el cuarteo, en kg
- Cantidad de residuos sólidos obtenidos para la selección en subproductos, en kg
- Datos del responsable del cuarteo
- Observaciones

7

APENDICE.

CEDULA DE INFORME DE CAMPO PARA EL CUARTEO DE  
LOS RESIDUOS SOLIDOS.

No de Folio. \_\_\_\_\_

Localidad \_\_\_\_\_ Municipio \_\_\_\_\_ Estado \_\_\_\_\_

Fecha y hora del cuarteo \_\_\_\_\_

Procedencia de la Muestra \_\_\_\_\_

Condiciones Climatológicas Imperantes Durante el Cuarteo (describa):

Cantidad de Residuos Sólidos para el Cuarteo \_\_\_\_\_ kg

Cantidad de Residuos Sólidos para la Selección de Subproductos \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Kg

Cantidad de Residuos Sólidos para los Análisis Físicos, Químicos y  
Biológicos \_\_\_\_\_

Responsable del Cuarteo:

Nombre: \_\_\_\_\_ Cargo \_\_\_\_\_

Dependencia o Institución \_\_\_\_\_

Observaciones \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

BIBLIOGRAFIA

- Journal of the Sanitary Engineering División.- Proceedings of the American Society of Civil Engineers.- "Sample Weights in Solid Waste Composition Studies".-Albert J. klee and Dennis Carrth.August, 1970.
- Rolle, G Int. Research Group in Refuse Disposal (IRGR). Information Bulletin 22, 23.- Zurich.- 1954.

México D.F., Marzo 18, 1985

EL DIRECTOR GENERAL DE NORMAS.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Hector Moreno', with a large, stylized initial 'H'.

LIC. HECTOR VICENTE BAYARDO MORENO.

Fecha de aprobación y publicación: Marzo 18, 1985  
Esta norma cancela a la: NOM-AA-15-1975

**Anexo 2**



**SECRETARIA DE COMERCIO**

**Y**

**FOMENTO INDUSTRIAL**

**NORMA MEXICANA**

**NMX-AA-019-1985**

**PROTECCION AL AMBIENTE-CONTAMINACION DEL SUELO-  
RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES-PESO VOLUMETRICO "IN  
SITU"**

*ENVIRONMENTAL PROTECTION-SOIL POLLUTION-MUNICIPAL  
SOLID RESIDUES-"IN SITU" VOLUMETRIC WEIGHT*

**DIRECCION GENERAL DE NORMAS**

## PREFACIO

En la actualización de la presente norma participaron los siguientes Organismos:

- SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA  
Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental
  
- DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL  
Comisión de Ecología  
Dirección General de Programación de Obras y Servicios.



PROTECCION AL AMBIENTE-CONTAMINACION DEL SUELO-RESIDUOS  
SOLIDOS MUNICIPALES-PESO VOLUMETRICO "IN SITU"

ENVIRONMENTAL PROTECTION-SOIL POLLUTION-MUNICIPAL SOLID  
RESIDUES-"IN SITU" VOLUMETRIC WEIGHT

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION.

Esta Norma Oficial Mexicana, establece un método para determinar el peso volumétrico de los residuos sólidos municipales en el lugar donde se efectuó la operación de "cuarteo".

2 REFERENCIAS.

Esta norma se complementa con las siguientes Normas Oficiales Mexicanas vigentes:

NOM-AA-91	Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos-Terminología.
NOM-AA-15	Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo- Residuos Sólidos Municipales-Muestreo-Método de Cuarteo.

3 DEFINICIONES.

Para los efectos de esta Norma, las definiciones son las establecidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-91.

4 DESCRIPCION DE LA OPERACIÓN.

Para determinar el peso volumétrico "in situ", se debe tomar los residuos eliminados de la primera operación del cuarteo, la cual se debe realizar según Norma Mexicana NOM-AA-15.

4.1 Aparatos y equipo.

- Básculas de piso con capacidad de 200 kg
- Tambos metálicos de forma cilíndrica, con capacidad de 200 L
- Palas curvas
- Overoles
- Guantes de carnaza
- Escobas
- Recogedores
- Botas de hule
- Mascarillas

- Papelería y varios necesarios para la operación (cédula de informe de campo, marcadores, etc.)

#### 4.2 Procedimiento.

Para efectuar esta determinación, se requiere de cuando menos dos personas.

El equipo requerido antes descrito está de acuerdo con el número de personas que participen en la determinación.

Antes de efectuar la determinación se verifica que el recipiente esté limpio y libre de abolladuras; así como también que la báscula esté nivelada. A continuación se pesa el recipiente vacío, tomando este peso como la tara del recipiente.

En caso dado de no conocer la capacidad del recipiente, ésta se determina a partir de las formulaciones aritméticas existentes, según sea la geometría de dicho recipiente.

A continuación, llenar el recipiente hasta el tope con residuos sólidos homogeneizados, obtenidos de las partes eliminadas del primer cuarteo según la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-15; golpee el recipiente contra el suelo tres veces dejándolo caer desde una altura de 10 cm.

Nuevamente agregue residuos sólidos hasta el tope, teniendo cuidado de no presionar al colocarlos en el recipiente; esto con el fin de no alterar el peso volumétrico que se pretende determinar.

Se debe tener cuidado de vaciar dentro del recipiente todo el residuo, sin descartar los finos.

Para obtener el peso neto de los residuos sólidos, se pesa el recipiente con estos y se resta el valor de la tara.

Cuando no se tenga suficiente cantidad de residuos sólidos para llenar el recipiente se marca en éste, la altura alcanzada y se determina dicho volumen.

#### 5 CALCULO.

El peso volumétrico del residuo sólido se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$P_v = \frac{p}{V}$$

en donde:

$P_v$  = Peso volumétrico del residuo sólido, en kg/m<sup>3</sup>

$p$  = Peso de los residuos sólidos (peso bruto menos tara), en kg

$V$  = Volumen del recipiente, en m<sup>3</sup>

Los resultados obtenidos al realizar la operación que se describe en esta Norma Mexicana, deben reportarse en la cédula de informe de campo (anexo No. 1).

## 6 BIBLIOGRAFIA.

Instructivo de Campo del Departamento de Desechos Sólidos de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, 1976.

Experiencias de campo de la Comisión de Ecología del D.D.F. y de la S.D.U.E.

## 7 APENDICE.

### 7.1 Anexo No. 1

#### CEDULA DE INFORME DE CAMPO PARA LA DETERMINACION DEL PESO VOLUMETRICO-"IN SITU" DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

Localidad \_\_\_\_\_ Municipio \_\_\_\_\_ Estado \_\_\_\_\_

Fecha y hora de la determinación: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Estrato socio-económico muestreado: \_\_\_\_\_

Condiciones climatológicas imperantes durante la determinación \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Capacidad del recipiente \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>

Tara del recipiente \_\_\_\_\_ kg

Capacidad del recipiente, tomada para la determinación \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>

Peso bruto (peso del recipiente con residuos sólidos) \_\_\_\_\_ kg

Peso neto de los residuos sólidos (peso bruto tara) \_\_\_\_\_ kg

Peso volumétrico "in situ", de los residuos sólidos: \_\_\_\_\_ kg/m<sup>3</sup>

Responsable de la determinación:

Nombre: \_\_\_\_\_ Cargo \_\_\_\_\_

Dependencia o Institución \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

México, D.F., Marzo 18, 1985

EL DIRECTOR GENERAL DE NORMAS

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Hector Bayardo Moreno', is centered on the page. The signature is fluid and cursive, with a large initial 'H'.

LIC. HECTOR VICENTE BAYARDO MORENO

Fecha de aprobación y publicación: Marzo 18, 1985  
Esta Norma cancela a la: NOM-AA-019-1975

**Anexo 3**



**SECRETARIA DE COMERCIO**

**Y**

**FOMENTO INDUSTRIAL**

**NORMA MEXICANA**

**NMX-AA-022-1985**

**PROTECCION AL AMBIENTE-CONTAMINACION DEL SUELO-  
RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES-SELECCION Y  
CUANTIFICACION DE SUBPRODUCTOS**

*ENVIRONMENTAL PROTECTION-SOIL POLLUTION-MUNICIPAL  
SOLID RESIDUES-BY-PRODUCTS SELECTION AND  
QUANTIFICATION*

**DIRECCION GENERAL DE NORMAS**

## PREFACIO

En la formulación de la presente norma participaron los siguientes Organismos.

- SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA.  
Dirección general de Prevención y Control de la  
Contaminación Ambiental.
  
- DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL  
Comisión de Ecología  
Dirección General de Programación de Obras y Servicios.

# PROTECCION AL AMBIENTE-CONTAMINACION DEL SUELO-RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES-SELECCION Y CUANTIFICACION DE SUBPRODUCTOS

## ENVIRONMENTAL PROTECTION-SOIL POLLUTION-MUNICIPAL SOLID RESIDUES-BY-PRODUCTS SELECTION AND QUANTIFICATION

### 1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN.

Esta Norma Mexicana establece la selección y el método para la cuantificación de subproductos contenidos en los Residuos Sólidos Municipales.

### 2 REFERENCIAS.

Esta Norma se complementa con las siguientes Normas Mexicanas vigentes:

NOM-AA-091	Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos-Terminología.
NOM-AA-015	Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales-Muestreo-Método de Cuarteo.
NOM-B-231	Industria Siderúrgica-Cribas de laboratorio para Clasificación de Materiales Granulares-Especificaciones.

### 3 DEFINICIONES.

Para los efectos de esta Norma, las definiciones son las establecidas en la Norma Mexicana NOM-AA-091.

### 4 APARATOS Y EQUIPO.

- Báscula de piso con capacidad de 200 kg.
- Balanza granataria con capacidad para 20 kg y sensibilidad de 1 g.
- Criba M 2.00 según Norma Mexicana NOM-B-231.
- Mascarillas.
- Recogedores.
- Overoles.
- Escobas.
- Botas de hule.
- Guantes de carnaza.
- Treinta bolsas de polietileno de 1.10 m x 0.80 m y calibre mínimo de 200.
- Papelería y varios.

El equipo antes descrito está en función del número de participantes en la determinación que marca esta Norma; se requiere para ello, cuando menos de dos personas.

## 5 SELECCIÓN.

### 5.1 Obtención de la Muestra.

La muestra se extrae como se establece en la Norma Mexicana NOM-AA-015 y se toman como mínimo 50 kg, que procede de las áreas del primer cuarteo que no fueron eliminadas.

### 5.2 Procedimiento.

Con la muestra ya obtenida como se establece en 5.1, se seleccionan los subproductos depositándolos en bolsas de polietileno hasta agotarlos, de acuerdo con la siguiente clasificación:

- Algodón.
- Cartón.
- Cuero.
- Residuo fino (todo material que pase la criba M 2.00).
- Envase de cartón encerado.
- Fibra dura vegetal (esclerénquima).
- Fibras sintéticas.
- Hueso.
- Hule.
- Lata.
- Loza y cerámica.
- Madera.
- Material de construcción.
- Material ferroso.
- Material no ferroso.
- Papel.
- Pañal desechable.
- Plástico rígido y de película.
- Poliuretano.
- Poliestireno expandido.
- Residuos alimenticios (Véase observaciones).
- Residuos de jardinería.
- Trapo.
- Vidrio de calor.
- Vidrio transparente.
- Otros.

## 6 CUANTIFICACION.

Los subproductos ya clasificados se pesan por separado en la balanza granataria y se anota el resultado en la hoja de registro.



El porcentaje en peso de cada uno de los subproductos se calcula con la siguiente expresión:

$$PS = \frac{G_1}{G} \times 100$$

En donde:

PS = Porcentaje del subproducto considerado.

$G_1$  = Peso del subproducto considerado, en kg; descontando el peso de la bolsa empleada.

G = Peso total de la muestra (mínimo 50 kg).

El resultado obtenido al sumar los diferentes porcentajes, debe ser como mínimo el 98% del peso total de la muestra (G). En caso contrario, se debe repetir la determinación.

## 7 REPORTE.

Los resultados se anotan, como se indica en la hoja de registro (véase apéndice).

## 8 OBSERVACIONES.

Los cambios en peso durante la determinación, se deben principalmente a la liberación o admisión de humedad.

Se recomienda efectuar la determinación en un lugar cerrado y bajo techo.

Dentro de los residuos sólidos alimenticios se deben incluir todos aquellos residuos de fácil degradación, tales como: vísceras, apéndices o cadáveres de animales.

## 9 APENDICE.

### HOJA DE REGISTRO DE CAMPO SELECCION Y CUANTIFICACION DESUBPRODUCTOS

Localidad \_\_\_\_\_ Municipio \_\_\_\_\_ Estado \_\_\_\_\_

Fechas y hora de análisis \_\_\_\_\_ Peso de la Muestra \_\_\_\_\_ kg

Estrato socioeconómico \_\_\_\_\_ Tara de las bolsas \_\_\_\_\_ kg

Responsable del análisis \_\_\_\_\_ Dependencia o Institución \_\_\_\_\_

No.	SUBPRODUCTOS	PESO EN kg	% EN PESO	OBSERVACIONES
1	ALGODON			
2	CARTON			
3	CUERO			
4	RESIDUO FINO QUE PASE LA CRIBA N.º 2.00			
5	ENVASE DE CARTON ENCEBADO			
6	FIBRA DURA VEGETAL (esclerénquima)			
7	FIBRAS SINTETICAS			
8	HUESO			
9	HULE			
10	LATA			
11	LOZA Y CERAMICA			
12	MADERA			
13	MATERIAL DE CONSTRUCCION			
14	MATERIAL FERROSO			
15	MATERIAL NO-FERROSO			
16	PAPEL			
17	PAÑAL DESECHABLE			
18	PLASTICO DE PELICULA			
19	PLASTICO RIGIDO			
20	POLIURETANO			
21	POLIESTIRENO-EXPANDIDO			
22	RESIDUOS ALIMENTICIOS			
23	RESIDUOS DE JARDINERIA			
24	TRAPO			
25	VIDRIO DE COBOR			
26	VIDRIO TRANSPARENTE			

## 10 BIBLIOGRAFIA.

- Instructivo de Campo del Departamento de Desechos Sólidos de la Secretaría de Mejoramiento del Ambiente, 1976.

México, D.F., Marzo 18, 1985

EL DIRECTOR GENERAL DE NORMAS

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Hector Bayardo Moreno', is written over a faint, horizontal dotted line.

LIC. HECTOR VICENTE BAYARDO MORENO

Fecha de aprobación y publicación: Marzo 18, 1985  
Esta Norma cancela a la: NOM-AA-22-1975



**SECRETARIA DE COMERCIO**

**Y  
FOMENTO INDUSTRIAL**

**NORMA MEXICANA**

**NMX-AA-61-1985**

**PROTECCION AL AMBIENTE - CONTAMINACION DEL SUELO  
- RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES - DETERMINACION DE  
LA GENERACION**

*ENVIRONMENTAL PROTECTION SOIL CONTAMINATION-  
MUNICIPAL SOLID RESIDUES-DETERMINATION OF GENERATION*

**DIRECCION GENERAL DE NORMAS**

## PREFACIO

En la elaboración de esta norma participaron los siguientes organismos:

- SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA  
Dirección de General de Prevención y Control de la  
Contaminación Ambiental.
- DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL Dirección General de  
Estudios Prospectivos. Comisión de Ecología.

PROTECCION AL AMBIENTE - CONTAMINACION DEL SUELO - RESIDUOS  
SOLIDOS MUNICIPALES - DETERMINACION DE LA GENERACION

ENVIRONMENTAL PROTECTION SOIL CONTAMINATION-MUNICIPAL  
SOLID RESIDUES-DETERMINATION OF GENERATION

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN.

Esta Norma Oficial Mexicana especifica un método para determinar la generación de residuos sólidos municipales a partir de un muestreo estadístico aleatorio. Para efectos de aplicación de esta norma los residuos sólidos municipales se subdividen en domésticos (que son los generados en casas habitación) y en no domésticos (generados fuera de las casas habitación).

2 REFERENCIAS.

Esta norma se complementa con las siguientes Normas Oficiales Mexicanas:

NOM-AA-91	Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos-Terminología.
NOM-AA-15	Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos municipales-Muestreo- Método de cuarteo.

3 DEFINICIONES.

Para los efectos de esta Norma, las definiciones son las establecidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-91 además de:

FUENTE. Es cualquier establecimiento generador de residuos sólidos incluido dentro de los giros municipales por muestrear.

4 APARATOS Y EQUIPO.

- Báscula con capacidad mínima de 100 kg y precisión de 10 g o similar.
- Báscula con capacidad mínima de 10 kg y precisión de 1 g o similar.
- Tablas de inventario, tamaño carta u oficio.
- Marcadores de tinta permanente, preferentemente color negro.
- Bolsas de polietileno de 0.70 m x 0.50 m y calibre mínimo del No. 200.
- Ligas de hule de 1.5 mm de ancho.

- Guantes de carnaza.
- Brochas de 0.025 m de ancho.
- Pintura de esmalte color amarillo.
- Papelería y varios (cédula de encuesta, lápices, gomas y otros)
- Tablas de números aleatorios y de las siguientes distribuciones:

Normal, "t" de Student, "F" de Fisher; así como la empleada para el rechazo de observaciones, si se aplica para tal efecto, el criterio de Dixon, (ver Apéndice).

NOTA: Lo antes citado está en función del número de personas a participar en el muestreo, así como en la cantidad de estratos socioeconómicos por muestrear y de tamaño de las premuestras.

## 5 GENERACION PER-CAPITA DE RESIDUOS SOLIDOS DOMESTICOS.

### 5.1 Procedimiento de campo.

Este parámetro se obtiene con base en la generación promedio de residuos sólidos por habitante, medido en kg/hab-día, a partir de la información obtenida de un muestreo estadístico aleatorio en campo, con duración de ocho días para cada uno de los estratos socioeconómicos de la población.

#### 5.1.1 Selección de riesgo " $\alpha$ "

El riesgo con que se realiza el muestreo se elige con base en los siguientes factores:

- Conocimiento de la localidad.
- Calidad técnica del personal participante.
- Facilidad para realizar el muestreo.
- Características de la localidad a muestrear.
- Exactitud de la báscula por emplear.

#### 5.1.2 Tamaño de la muestra "n"

A partir del riesgo seleccionado (  $\alpha$  ) se adopta un tamaño de muestra por estrato, con base en la siguiente tabla:

<u>Riesgo</u>	<u>Tamaño de la muestra</u>
( $\alpha$ )	( n )
0.05	115
0.10	80
0.20	50

5.1.3 Determinar y ubicar el universo de trabajo ( de 300 a 500 casas) en un plano actualizado de la localidad en la zona o colonia correspondiente al estrato socioeconómico por muestrear.

5.1.4 Contar y numerar en orden progresivo, los elementos del universo de trabajo, para conocer su tamaño.

5.1.5 Con base en el tamaño de la premuestra y del universo de trabajo, seleccionar aleatoriamente, los elementos de dicho universo que forman parte de la premuestra. Para realizar lo anterior, emplear la tabla No, 1 de números aleatorios (ver Apéndice).

5.1.6 Identificar físicamente los elementos de la premuestra en el universo de trabajo, anotando con pintura amarilla el número aleatorio correspondiente al elemento, en algún lugar visible de la calle donde encuentra la casa habitación o elemento por muestrear.

5.1.7 Recorrer el universo de trabajo, visitando a los habitantes de las casas seleccionadas para la premuestra, con el fin de explicarles la razón del muestreo por realizar, así como para captar la información general que se indica en la cédula de encuesta de campo ( ver Apéndice). Entregando una bolsa de polietileno.

5.1.8 Visitar nuevamente las casas-habitación seleccionadas del universo de trabajo el primer día del período en que se realiza el muestreo, lo más temprano posible, para recoger las bolsas conteniendo los residuos sólidos generados antes de este día. Esto sirve únicamente como una "operación de limpieza", para asegurar que el residuo generado después de ella, corresponda a un día.

Simultáneamente con la "operación de limpieza", se entrega una nueva bolsa para que se almacenen los residuos generados las siguientes 24 horas; por último, las bolsas ya recogidas conteniendo los residuos se transfieren al equipo de recolección municipal o se llevan al sitio de disposición final.

5.1.9 A partir del segundo, hasta el séptimo día del período de muestreo, se recogen las bolsas conteniendo los residuos generados el día anterior y a su vez se entrega una nueva bolsa para almacenar los residuos por generar las siguientes 24 horas.

A la bolsa conteniendo los residuos generados, se le anota el número aleatorio correspondiente, con el fin de identificar los elementos de la premuestra.

El octavo día únicamente se recogen las bolsas con los residuos generados el día anterior.

5.1.10 Diariamente después de recoger los residuos sólidos generados el día anterior, se procede a pesar cada elemento anotando su valor en la cédula de encuesta, en el renglón correspondiente al día en que fue generado.

5.1.11 Para obtener el valor de la generación per-cápita de residuos sólidos en kg/hab-día correspondiente a la fecha en que fueron generados; se divide el peso de los residuos sólidos entre el número de habitantes de la casa habitación.



## 5.2 Evaluación de resultados.

La evaluación que se presenta, se considera la más adecuada para los fines que se persiguen con este tipo de estudios.

5.2.1 De los siete datos obtenidos de cada casa habitación, durante el período de muestreo; calcular el promedio de generación de residuos "per-cápita". De acuerdo con lo anterior, se obtiene una serie de "n" valores promedio, uno por cada casa habitación incluida en la premuestra.

5.2.2 Ordenar la Información obtenida del punto anterior, como a continuación se ilustra:

$$X_1 \leq X_2 \leq X_3 \leq \dots \leq X_i \leq \dots \leq X_{n-1} \leq X_n$$

Donde:

$X_i$  = Promedio por casa-habitación, de los 7 valores diarios de la generación de residuos per-cápita, obtenidos durante el período de muestreo.

5.2.3 Realizar el análisis de rechazo de observaciones sospechosas, empleando cualquier método o procedimiento que la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología considere confiable. En caso de aplicar el criterio de Dixon, se debe realizar lo siguiente:

Calcular el valor del estadístico (r), para las siguientes situaciones:

$r = \frac{X_n - X_i}{X_n - X_j}$	<p>Cuando se sospecha del elemento máximo de la premuestra.</p>
$r = \frac{X_j - X_1}{X_i - X_1}$	<p>Cuando se sospecha del elemento mínimo de la premuestra.</p>

donde:

n = Número de observaciones o elemento mayor.

l = El elemento menor.

i = n - (j-1).

j = Elemento del muestreo que define el límite inferior del intervalo de sospecha en la cola superior de los datos ya ordenados.

Calcular el valor del estadístico permisible ( $r_{1-\alpha/2}$ ) correspondiente al percentil definido por el nivel de confianza establecido y el número de observaciones correspondientes al caso que se trate. Para lograr lo anterior se usa la Tabla No. 2 (ver Apéndice).

Comparar el valor del estadístico ( $r$ ) con el estadístico permisible ( $r_{1-\alpha/2}$ ) con el fin de rechazar o aceptar la observación sospechosa de acuerdo con el siguiente criterio:

Si  $r > r_{1-\alpha/2}$

Se rechaza la observación sospechosa.

Si  $r < r_{1-\alpha/2}$

Se acepta la observación sospechosa.

5.2.4 Una vez rechazadas o aceptadas las observaciones sospechosas, realizar un análisis estadístico de los " $n$ " valores promedio resultantes para obtener la media de la generación per-cápita diaria de los valores promedio por casa habitación y la desviación estándar de ellos como conjunto de valores, con respecto a la media.

5.2.5 Verificar el tamaño de la premuestra, calculando el tamaño real de la muestra, con base en la desviación estándar de la premuestra, y empleando la distribución " $t$ " de Student (Ver Apéndice).

La determinación del tamaño real de la muestra, se realiza con la siguiente expresión:

$$n_1 = \left( \frac{t s}{E} \right)^2$$

Donde:

$n_1$  = Tamaño real de la muestra.

$E$  = Error muestral en Kg/hab-día, recomendándose emplear un valor comprendido en el siguiente intervalo:

$$0.4 \text{ kg hab-día} \leq E \leq 0.07 \text{ kg/hab-día}$$

$s$  = Desviación estándar de la premuestra.

$t$  = Percentil de la distribución " $t$ " de Student, correspondiente al nivel de confianza definido por el riesgo empleado en el muestreo.

Sabiendo que ( $n$ ) es el valor de la premuestra, se puede encontrar las siguientes situaciones: si  $n_1 > n$ , entonces  $n_2 = n_1 - n$ ; por lo tanto  $n_2 > 0$ .

El tamaño de la muestra ( $n_1$ ) resulta ser mayor que el tamaño de la premuestra ( $n$ ); por lo que se debe obtener en campo las ( $n_2$ ) observaciones faltantes de la misma zona de estudio de donde se obtuvieron las ( $n_1$ ) observaciones de la premuestra, para cumplir con la confiabilidad deseada para el muestreo.

Para este caso se debe realizar un nuevo análisis estadístico, que tome en cuenta tanto a los ( $n_1$ ) elementos de la premuestra, como a los ( $n_2$ ) elementos faltantes para la muestra.

Si  $n = n_1$ , entonces  $n_2 = 0$ .

El tamaño de la muestra ( $n_1$ ) es igual al tamaño de la premuestra ( $n$ ), por lo cual no se requieren más elementos ( $n_2$ ) para considerar válido el muestreo. Por ello se acepta el análisis estadístico realizado en el punto anterior.

Si  $n_1 < n$ , entonces  $n_2 < 0$ .

En este caso, el tamaño de la premuestra resulta mayor al de la muestra, tomándose dicho valor como el tamaño real de la muestra, por lo que no deben eliminarse los elementos sobrantes de la premuestra, ya que pueden ampliar en un momento dado el nivel de confianza del muestreo. De acuerdo con lo anterior, los estadísticos obtenidos para la premuestra, se consideran válidos también para la muestra, por lo que no hay necesidad de realizar un nuevo análisis estadístico.

5.2.6 Realizar un análisis de confiabilidad, con el fin de poder aceptar o rechazar los estadísticos de la muestra como los parámetros del universo de trabajo, para el nivel de confianza establecido. Esta fase del procedimiento estadístico consiste en realizar una prueba de hipótesis en dos colas, o bien ya sea en la cola izquierda o en la cola derecha de la distribución empleada para este análisis con el fin de definir la media muestral ( $\bar{x}$ ) es igual o diferente de la media población ( $\mu$ ). Puede emplearse para este análisis, la tabla No.

4 (Ver Apéndice) correspondiente a la distribución normal.

Esta fase, consiste en el establecimiento de la hipótesis nula  $H_0$  y de la hipótesis alternativa  $H_1$ .

La hipótesis nula a comprobar o rechazar, es que la media muestral, no difiera de la media poblacional.

$$H_0: \bar{x} = \mu$$

La hipótesis alternativa es lo contrario de la hipótesis nula, es decir:

$$H_1: \bar{x} \neq \mu$$

En caso de aceptarse la hipótesis nula, se concluye que los estadísticos de la muestra, pueden ser tomados como los parámetros del universo de trabajo.

Si la hipótesis alternativa se acepta, los estadísticos de la muestra no deben ser tomados como los parámetros del universo de trabajo; por lo que es necesario realizar un nuevo muestreo y desechar el analizado.

#### 5.2.7 Prueba de la razón de varianza (F)

Esta prueba se emplea para aceptar o rechazar la siguiente hipótesis:

"La media poblacional estimada para un determinado estrato socioeconómico, es igual a las medias poblacionales estimadas de los demás estratos socioeconómicos en que se subdividió la población muestreada."

Lo anterior es con el fin de poder concluir, que en un momento dado se puede emplear un valor promedio de la generación de residuo per-cápita diario, para todos los estratos socioeconómicos de la población muestreada: sólo en los casos en que la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología lo considere pertinente, se realizará la prueba de la razón de varianza (F), por lo tanto para un análisis de la información de tipo corriente, no se requiere realizar esta prueba.

La razón (F); se expresa entre dos varianzas poblacionales estimadas independientemente, como sigue:

$$F = \frac{(S_1)^2}{(S_2)^2}$$

Donde el subíndice, indica el número de la muestra y cada (s)<sup>2</sup>, representa la estimación de la varianza poblacional basada en la muestra.

Cuando las dos varianzas poblacionales estimadas sean iguales, la razón (F) debe ser la unidad.

Si (F) no es igual, la diferencia puede ser atribuida al azar (no es significativa), o puede no ser atribuida al azar (es significativa ya sea demasiado grande o demasiado pequeña). Para tomar tales decisiones, debemos confiar en la distribución del estadístico (F).

De acuerdo con lo anterior, la hipótesis para realizar esta prueba, es que las medias poblacionales normalmente distribuidas, de los estratos socioeconómicos sean iguales.

Cuando combinamos las poblaciones de cada estrato en una única población grande, se espera que la media y la varianza de la población grande ( $\mu, r^2$ ), sean iguales a las de las poblaciones originales de los estratos:

$$\mu = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 : r^2 = r^2_1 = r^2_2 = r^2_3$$

Debe entenderse como "población grande", a la compuesta por el poblaciones de los estratos socioeconómicos muestreados.

La población No. 1, es el universo de trabajo compuesto por el estrato socioeconómico bajo; mientras que la población No.2, corresponde al universo de trabajo definido por el estrato socioeconómico medio, y así sucesivamente con los demás estratos.

El procedimiento seguido para realizar esta prueba, se describe a continuación:

Calcular la varianza entre clases (o entre muestras) con la siguiente expresión:

$$(s_1)^2 = \frac{\sum_{i=1}^m n_i (\bar{x}_i - \bar{x})^2}{m - 1}$$

Donde:

m = Número de muestras.

i = Número de la muestra.

$n_i$  = Tamaño de muestra extraída de la población "i".

$\bar{x}_i$  = Media de los elementos de la muestra "i".

$\bar{x}$  = Media de todos los elementos de la muestra grande.

$\bar{x}_i - \bar{x}$  = Desviación entre la media de la muestra "i" y la media de la muestra grande.

$(\bar{x}_i - \bar{x})^2$  = Cuadrado de la desviación (variación). Calcular la varianza entre clases (o dentro de las muestras individuales) con la siguiente expresión:

$$(s_2)^2 = \frac{\sum_{i=1}^m \left[ \sum_{j=1}^{n_i} (x_j - \bar{x}_i)^2 \right]}{r - m}$$

Donde:

i = Número de la muestra.

j = Número del elemento.

$x_j$  = Elementos en la muestra i.

r = Número de elementos de la muestra grande. s

$$\left( r = \sum_{i=1}^m n_i \right)$$

Para realizar esta prueba, se emplea la tabla No. 5 (Ver Apéndice) la cual corresponde a la distribución "F" de Fisher.

Sólo en el caso que la diferencia se deba al azar, se trabaja con una generación per cápita promedio, para todos los estratos socioeconómicos analizados.

## 6 GENERACION DE RESIDUOS SOLIDOS NO DOMESTICOS.

### 6.1 Procedimiento.

El valor de esta generación se puede obtener, adecuando el procedimiento descrito en el inciso 5.1 siempre y cuando se pueda determinar confiablemente el tamaño de la premuestra con base en la siguiente expresión:

$$n = \left( \frac{Z r}{E} \right)^2$$

Donde:

n= Tamaño de la premuestra, (número de fuentes por muestra).

E= Error muestral, en kg/fuente-día.

r= Desviación estándar poblacional, en kg/fuente-día.

Z = Percentil de la distribución normal, correspondiente al nivel de confianza definido por el riesgo empleado en el muestreo.

Para aplicar la expresión anterior, se debe definir primero los giros municipales excepto el doméstico, que se pretende muestrear en la localidad.

6.1.2 De no poder determinar la generación de estos residuos conforme a lo descrito en el punto 6.1; obtenerla a partir de un balance de materia, del proceso o giro que se trate. Para tal situación se debe conocer lo siguiente:

- Las fronteras del sistema.
- Las actividades que cruzan u ocurren dentro de sus fronteras.
- La generación de residuos sólidos asociada con estas actividades.

Estos residuos se relacionan con el número de clientes, monto de ventas. área de establecimiento o giro municipal.

Sólo en el caso de que la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, lo considere conveniente, se le dará a la información, un tratamiento diferente a lo expuesto; en tal caso, la misma Secretaría, establecerá el procedimiento más adecuado.

## 7 APENDICE.

CEDULA DE ENCUESTA DE CAMPO PARA EL MUESTREO DE  
GENERACION DE RESIDUOS SOLIDOS

No. DE MUESTRA ----- No. ALEATORIO ----- POBLACION ----  
MUNICIPIO O DELEGACION ---- ENTIDAD FED. ---- CALLE ----- NUM ----  
----- C.P. ----- COLONIA ----- NIVEL SOCIOECONOMICO -----  
-----HABITANTE POR CASA -- FREC.DEREC. -- TIPO DE RECIPIENTE ----  
QUE HACE CON LOS RESIDUOS SOLIDOS SI NO PASA EL CAMION?----- SU  
OPINION SOBRE EL SERVICIO DE RECOLECCION BUENA ---- MALA -----  
REGULAR ----- NOMBRE DEL ENCUESTADOR -----  
PUESTO QUE DESEMPEÑA ----- INSTITUCION O  
EMPRESA -----

No.	FECHA	DIA	PESO DE LOS RESIDUOS	GENERACION PER CAPITA (kg/Hab/Día)	OBSERVACIONES
1					
2					
2					
3					
4					
5					
6					
7					

TABLA 1 NUMEROS ALEATORIOS

85967	73052	14511	85285	36009	95892	36962	67835	63314	50162
07483	51453	11649	86348	76431	81594	95858	36738	25014	15460
96283	01898	61414	83525	04231	13604	75339	11730	85423	60698
49174	12074	98551	37895	93547	24769	09404	76548	05393	96770
97366	39941	21225	93629	19574	71565	33413	56087	40875	13351
90474	41469	16812	81542	81652	45554	27931	93994	22375	00953
28599	64109	09497	76235	41383	31555	12639	00619	22909	29563
25254	16210	89717	65997	82667	74624	36348	44018	64732	93589
28785	02760	24359	99410	77319	73408	58993	61098	04393	48245
84725	86576	86944	93296	10081	82454	76810	52975	10324	15457
41059	65456	47679	65810	15941	84602	14493	65515	19251	41642
67434	41045	82830	47617	36932	46728	71183	36345	41404	81110
72766	68816	37643	19959	57550	49620	98480	25640	67257	18671
92079	46784	66125	94932	64451	29275	57669	66658	30818	58353
29187	40350	62533	73603	34075	16451	42885	03448	37390	96328
74220	17612	65522	80607	19184	64164	66962	82310	18163	63495
03786	02407	06098	92917	40434	60502	82175	04470	78754	90775
75085	55558	15520	27038	25471	76107	90832	10819	56797	33751
09161	33015	19155	11715	00551	24909	31894	37774	37953	78837
75707	48992	64998	87080	39333	00767	45637	12538	67439	94914

21333	48660	31288	00086	79889	75532	28704	62844	92337	99695
65626	50061	42539	14812	48895	11195	34335	60492	70650	51108
84380	07389	87891	76255	89604	41372	10837	66992	93183	56920
46479	32072	80083	63868	70930	89654	05359	47196	12452	38234
59847	97197	55147	76639	76971	55928	36441	95141	42333	67483
31416	11231	27904	57383	31852	69137	96667	14315	01007	31929
82065	83436	67914	21465	99605	83114	97885	74440	99622	87912
01850	42782	39202	18582	46214	99228	79541	78298	75404	63648
32315	89276	89582	87138	16165	15984	21466	63830	30475	74729
59383	42703	55198	80380	67067	97155	34160	85019	03257	78140
58089	27632	50987	91373	07736	20436	96130	73483	85332	24384
51705	57285	30392	23660	75841	21931	04295	00875	09114	32101
18914	98982	60199	99275	41967	35208	30357	76772	92656	62318
11965	94089	34803	48941	69709	16784	44642	89761	66864	62803
85251	48111	80936	81781	93248	67877	16498	31924	51315	79921
65121	95986	84844	93873	46352	92183	51152	85878	30490	15974
53972	96642	24199	58080	35450	03482	65953	49521	63719	57615
34509	16594	78883	43222	23093	58645	60257	89250	63266	90858
37700	07688	65533	72126	23611	93993	01848	03910	38552	17472
85466	59392	72722	15473	73295	49759	56157	60477	83284	56367
52969	55863	42312	67842	05673	91878	82738	36563	79540	61940
42744	68315	17514	02878	97291	74851	427725	57894	81434	62041
26140	13336	67726	61876	29971	99294	96664	52817	90039	53211
95589	56319	14563	24071	06916	59555	18195	32280	79367	04224
39113	13217	59999	49952	83021	47709	53005	19295	88318	41626
41392	37622	18994	98283	07249	52289	24209	91139	30715	06604
54684	53645	79246	70183	87731	19185	08541	33519	07223	97413
89442	61001	36658	57444	95388	36682	38052	46719	09428	94012
36751	16778	54888	15357	68003	43564	90976	58904	40512	07725
08159	02564	21416	74944	53049	88740	02865	25772	89853	88714

TABLA 2 CRITERIO PARA RECHAZO DE OBSERVACIONES DISTINTAS.

No. DE		PERCENTILES MAXIMOS							
ESTADISTICO	OBSERVACIONES	.70	.80	.90	.95	.98	.99	.995	
r 1	3	.584	.781	.886	.941	.976	.988	.994	
	4	.471	.560	.579	.765	.846	.889	.926	
	5	.373	.451	.557	.642	.729	.780	.821	
	6	.318	.386	.482	.550	.644	.698	.740	
	7	.261	.344	.434	.507	.586	.637	.680	
r 11	8	.318	.385	.479	.554	.631	.683	.725	
	9	.288	.352	.441	.512	.587	.635	.677	
	10	.265	.325	.409	.477	.551	.597	.639	
r 21	11	.391	.442	.517	.576	.638	.679	.713	
	12	.370	.419	.490	.546	.605	.642	.675	
	13	.351	.399	.457	.521	.578	.615	.649	
r 22	14	.370	.421	.492	.546	.602	.641	.674	
	15	.353	.402	.472	.525	.579	.616	.647	
	16	.333	.386	.454	.507	.559	.595	.624	
	17	.325	.373	.438	.490	.542	.577	.605	
	18	.314	.361	.424	.475	.527	.561	.589	
	19	.304	.350	.412	.462	.514	.547	.575	
	20	.295	.340	.401	.450	.502	.535	.562	
	21	.287	.331	.391	.440	.491	.524	.551	
	22	.280	.323	.382	.430	.481	.514	.541	
	23	.274	.316	.374	.421	.472	.505	.532	
	24	.268	.310	.367	.413	.454	.497	.524	
	25	.262	.304	.360	.406	.457	.489	.516	



TABLA No. 3 PERCENTILES DE LA DISTRIBUCION "t"

1	.325	.727	1.376	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	.289	.617	1.061	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	.277	.584	.978	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	.271	.569	.941	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	.267	.559	.920	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	.265	.553	.906	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	.263	.549	.896	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	.262	.546	.889	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	.261	.543	.883	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	.260	.542	.879	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	.260	.540	.876	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	.259	.539	.873	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	.259	.538	.870	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	.258	.537	.868	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	.258	.536	.866	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	.258	.535	.865	1.337	1.745	2.120	2.583	2.921
17	.257	.534	.863	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	.257	.534	.862	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	.257	.533	.861	.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	.257	.533	.860	.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	.257	.532	.859	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	.256	.532	.858	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	.256	.532	.858	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	.256	.531	.857	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	.256	.531	.856	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	.256	.531	.856	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	.256	.531	.855	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	.256	.530	.855	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	.256	.530	.854	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
30	.256	.530	.854	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750
40	.255	.529	.851	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704
60	.254	.527	.848	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660
120	.254	.526	.845	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617
00	.253	.524	.842	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576

TABLA 4 DISTRIBUCION NORMAL ACUMULATIVA-VALORES  $Z_p$   $p=1-a/2$



VALORES DE  $Z_p$  CORRESPONDIENTE  $A_p$  PARA LA CURVA NORMAL  
 $Z$  ES LA VARIABLE NORMAL STANDARD

P	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
.00	-	-2.33	-2.05	-1.88	-1.75	-1.64	-1.55	-1.48	-1.41	-1.34
.10	-1.28	-1.23	-1.18	-1.13	-1.08	-1.04	-0.99	-0.95	-0.92	-0.88
.20	-0.84	-0.81	-0.77	-0.74	-0.71	-0.67	-0.64	-0.61	-0.58	-0.55
.30	-0.52	-0.50	-0.47	-0.44	-0.41	-0.39	-0.36	-0.33	-0.31	-0.28
.40	-0.25	-0.23	-0.20	0.18	0.15	0.13	0.10	0.08	0.05	0.03
.50	0.00	0.03	0.05	0.08	0.10	0.13	0.15	0.18	0.20	0.23
.60	0.25	0.28	0.31	0.33	0.36	0.39	0.41	0.44	0.47	0.50
.70	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.67	0.71	0.74	0.77	0.81
.80	0.84	0.88	0.92	0.95	0.99	1.04	1.08	1.13	1.18	1.23
.90	1.23	1.34	1.41	1.48	1.55	1.64	1.75	1.88	2.05	2.33



## 8 BIBLIOGRAFIA

- Bosco Romero., R.J. Estudio para la predicción de generación de desechos sólidos. Tesis para obtener el título de ingeniero civil-ESIA, I.P.N. México, D.F.1980.
- Dirección General de Ecología Urbana, subsecretaría de Asentamientos Humanos, SAHOP. Normas de proyecto para sistemas de manejo y disposición final de los desechos sólidos. México, D. F. 1978.
- Experiencias en campo del personal de la SEDUE.
- Wayne W.D. Bioestadística, base para el análisis de las ciencias de la salud. Editorial Limusa. México, D.F. 1982.

México, D.F., Agosto 8, 1985  
LA DIRECTORA GENERAL DE NORMAS

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Consuelo Saez Pueyo', with a large, stylized initial 'C' and 'S'.

LIC. CONSUELO SAEZ PUEYO  
Fecha de aprobación y publicación: Agosto, 8 1985

